الگوی اولویت‌بندی قطعات جاده‌های کوهستانی از لحاظ ریسک ریزش بهمن با بکارگیری احتمال برخورد وسیله نقلیه

مرتضی اسدامرجی، 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 63-70،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)

Archive of SID

1- مقدمه

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 ایالات‌متحده، 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 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 کاهشی مدنظر قرار گیرد. حوادث ریزشی که معمولاً در فصل زمستان روی می‌دهد و بیشترین تأثیر را برجاده‌های کوهستانی دارد ریزش

www.SID.ir

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

الگوهای بررسی‌های وضعیت ریزش بهمن یک منطقه با استفاده از جمع‌آوری‌داده‌ها 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 بهمن قابل دستیابی است که بدین ترتیب از طریق اطلاعات تهیه شده مناطق مختلف با قابلیت بروز بهمن قابل شناسایی می‌باشند.

توصیه می‌شود این اطلاعات در دوره زمانی پیوسته‌ای شامل چندین سال متوالی برداشت شده باشد. در حالتی دیگر احتمال وقوع بهمن را می‌توان از طریق بررسی میدانی مورد تحلیل قرار داد. از آنجا که بهمن 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 بهمن 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 بهمن در سطح جاده به کار می رود[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 بهمن 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 بهمن در جاده‌های کوهستانی در گام ابتدایی، روش‌های موجود و معیارهای منتخب سایر کشورها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

2-1- معیارهای خطرسنجی ریزش بهمن

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

الف- ارزیابی ریزش بهمن 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 GISای است که در آن با استفاده از بررسی‌های میدانی و عکس‌های هوایی کلیه نقاط ریزش بهمن 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 بهمن 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 بهمنی 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 بهمن در یک بازه چند ساله توجه می‌کند

[Rheinberger., Bründl and Rhyner,2009].

Archive of SID

www.SID.ir

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 دامنه‌ایبود[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 کم اثر 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 ارایه نشده است و در صورت مدنظر قرار دادن چند معیار نیز از لحاظ ریاضی و کاربردی ملاک عمل برای سایر کشورها نیستند.

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

Archive of SID

www.SID.ir

- اثرسنجی پارامترهای ترافیکی در ارزیابی ریسک ریزش بهمن در نقاط مختلف یک جاده کوهستانی
- ارایه الگویی کاربردی برای ارزیابی ریسک قطعات یک جاده کوهستانی

4- الگوی ارزیابی ریسک ریزش بهمن 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 بهمن در جاده‌های کوهستانی

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

الف- ماکزیمم ارتفاع بارش برف سالانه

شرط لازم برای وقوع بهمن بارش برف می‌باشد. معمولاً ایستگاه‌های هواشناسی اندازه ارتفاع برف را در نقاط مختلف محاسبه می‌نمایند. مطالعات نشان داده برای بهمن‌خیز 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 بهمن در آن محدوده وجود ندارد. ارتفاع برف هرچه بیشتر از 70 سانتیمتر باشد احتمال وقوع بهمن بیشتر می‌شود. البته عوامل دیگر نیز باید در کنار برف وجود داشته باشند.

ب- معیار احتمال برخورد با وسیله‌نقلیه 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 وسیله‌نقلیه در جاده است. در تعریف این معیار میانگین تردد ساعتی، سرعت مجاز و همچنین طول قطعه به عنوان عوامل اصلی تعیین شدند و با توجه به رابطه 1 محاسبه می‌شود.

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

که در آن پارامترها عبارتنداز:

PA: شاخص برخورد بهمن با وسیله‌نقلیه

l: طول قطعه بر حسب کیلومتر

s: سرعت مجاز در قطعه بر حسب کیلومتر در ساعت

Vn: تعداد وسایل‌نقلیه عبوری در ساعت

پ- سابقه وقوع بهمن

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 درنظر گرفتن این معیار در مدل سه رده اصلی منظور گردید:

- در دوره‌ای بیش از 7 سال حادثه بهمن رخ داده است.
- بین 3 تا 7 سال حادثه بهمن یکبار اتفاق افتاده است
- در 3 سال حادثه بهمن رخ داده است

ت- پوشش دامنه کنار جاده

یکی از عواملی که موجب کاهش احتمال وقوع بهمن 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 بهمن در آنها کمتر است. دامنه‌های دارای ریسک پایین تا ریسک بسیار بالا از لحاظ وقوع بهمن 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 بهمن وجود مولفه حرکت دهنده موازی دامنه می‌باشد که بالاتر بودن زاویه دامنه و افق این موضوع را محتمل‌تر می‌نماید. بررسی‌ها نشان داد

Archive of SID

www.SID.ir

کـه زاویـه بیشـتر از 40 درجـه ریسـک وقـوع بهمـن را بیشتر می‌کند.

ی- تردد روزانه وسایل‌نقلیه

تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که از یک مقطع بهمـن خیـز عبـور می‌کنند احتمال خسارت و تلفات را زیاد می‌کند به همـین دلیل ترافیک نیز به عنوان معیار آخری اولویت‌بندی ریسک بهمن در جاده کوهستانی مدنظر قرار گرفتـه اسـت. هرچـه میزان تردد بیشتر باشد ریسک تلفات و خسارات ناشـی از بهمن بیشتر است.

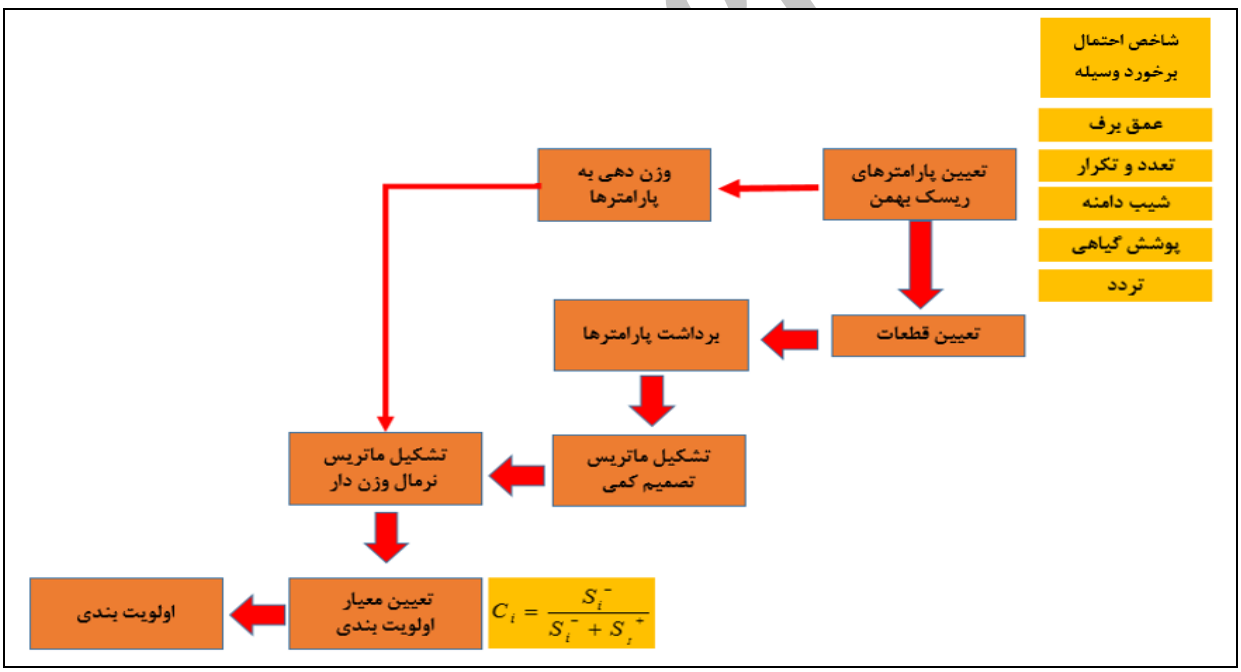
5- ارایه الگوی ارزیابی قطعات از لحاظ ریسک وقوع بهمن در جاده‌های کوهستانی

با استفاده از روش تاپسیس فلوچارت شکل 1 پیشنهاد می‌شود.

جدول **1** حاصل گردید.

همانطور که در شکل 1 مشخص اسـت در ابتـدا بایـد معیارهای ریسک بهمن در قطعات مختلف جاده مشـخص شود که در این مقاله 5 معیار ماکزیمم ارتفاع برف سـالانه، تردد روزانه، زاویه شیب، سـابقه ریـزش بهمـن و پوشـش گیاهی و احتمال برخورد بهمن با وسایل‌نقلیه مـدنظر قـرار گرفته است.

پس از تعیین معیارها باید با یکی از روش‌های معمـول وزن‌دهی به آنها انجام پذیرد. در ایـن مقالـه بـا اسـتفاده از روش آنتروپی و بکـارگیری مـاتریس مقایسـات زوجـی و تعیین اهمیت پارامترها نسبت به هـم، عملیـات وزن دهـی انجام شد. در این روش پس از تهیه فـرم و مـاتریس‌هـای مقایسه‌ای بوسیله مصاحبه با خبرگان علـوم زمـین‌شناسـی، محیط زیسـت، راه و ترابـری و هواشناسـی وزن دهـی بـه عوامـــــــــــل بـــــــــــه صـــــــــــورت



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 وسیله‌نقلیه در جاده	زاویه شیب دامنه (درجه)	پوشش دامنه کنار جاده	سابقه وقوع بهمن	تردد (تعداد وسیله‌نقلیه در روز)

www.SID.ir

وزن	0.15	0.05	0.2	0.2	0.35	0.05

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 ایده‌ال و ضد ایده آل
- تعیین فاصله از گزینه‌های ایده‌ال و ضد ایده‌ال
- تعیین معبار 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.

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

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

به منظور موردکاوی و بررسی الگوی ارایه 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 تاپسیش 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.

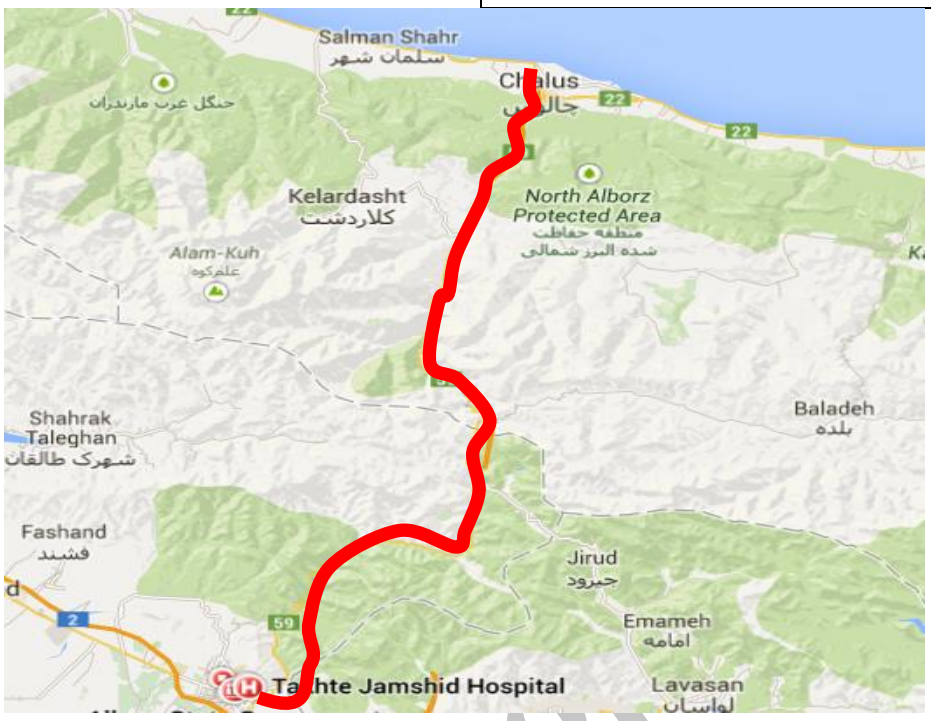
جدول 2. قطعات بهمن‌گیر محور کرج- چالوس

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

Archive of SID

www.SID.ir

6	61.400-61.700
7	62 تا 63
8	63 تا 68
9	70 تا 74
10	85-86



شکل 2. نمایی از محور کوهستانی کرج- چالوس

جدول 3. ماتریس معیارها برای اولویت‌بندی قطعات دارای ریسک وقوع بهمن

معیار / کیلومتراژ نقاط بهمن گیر از مبداء	ماکزیمم بارش برف سالانه	احتمال برخورد با وسیله‌نقلیه در جاده	زاویه شیب دامنه (درجه)	پوشش دامنه کنار جاده	سابقه وقوع بهمن	تردد (تعداد وسیله‌نقلیه در روز)
57-57.5	1	31.7	27	تراکم درختان بلند در حد 40 درصد	بیش از 7 سال یکبار	12201
58-58.5	1/7	17.3	40	زمین برهنه	در7 سال یکبار	11100
59-59.200	1/8	2.3	38	درختان 2 متری با تراکم کم	در 7 سال یکبار	11100
60-60.500	1/9	5.7	36	زمین برهنه	در7 سال یکبار	10923
60.900-61.100	1/95	2.3	41	درختان 2 متری با تراکم کم	در 7 سال یکبار	10825
61.400-61.700	2/3	3.4	40	زمین برهنه	5 بار در 7 سال	10825
62 تا 63	2/9	8.4	38	درختان 2 متری با تراکم کم	2 بار در 7 سال	8100
63 تا 68	3/2	42	52	زمین برهنه	6 بار در 7 سال	8100
70 تا 74	2/8	33.3	46	درختان 4 متری با تراکم 30 درصد	1 بار در 7 سال	8001
85-86	2/25	8.3	37	درختان 4 متری با	2 بار در 7 سال	8001

Archive of SID

www.SID.ir

				تراکم 45 درصد		

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

جدول 4. اعداد کمی برای هریک از معیارهای کیفی ریسک

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

بامنظور 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

شاخص / نقاط بهمن‌گیر	ماکزیمم بارش برف سالانه	احتمال برخورد با وسیله‌نقلیه 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.

Archive of SID

www.SID.ir

با بررسی جدول نرمال وزن‌دار گزینه‌های ایده‌ال و ضد ایده‌ال قابل شناسایی است برای هر معیار بیشترین مقدار و کمترین مقدار مشخص و در جدول 7 نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 6. ماتریس نرمال شده وزن دار برای اولویت‌بندی نقاط بهمن‌گیر

شاخص / نقاط بهمن گیر	ماکزیمم بارش برف سالانه	احتمال برخورد با وسیله‌نقلیه 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. گزینه‌های ایده‌آل و ضد ایده‌آل

معیارها / گزینه‌ها	ماکزیمم بارش برف سالانه	احتمال برخورد با وسیله‌نقلیه در جاده	زاویه شیب دامنه (درجه)	پوشش دامنه کنار جاده	سابقه وقوع بهمن	تردد (تعداد وسیله‌نقلیه 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 گزینه‌های ایده‌ال و ضدایده‌ال باید در این گام معیار اولویت‌بندی 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 گزینه‌ها با استفاده از رابطه 1، معیار اولویت‌بندی به دست می‌آید که نتایج آن در جدول 8 نشان داده شده است.

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

نقاط بهمن‌گیر	معیار اولویت‌بندی(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

Archive of SID

www.SID.ir

7- نتیجه‌گیری

در این پژوهش هدف اصلی ارایه الگـویی بـرای تعیـین اولویـت ریسـک ریـزش بهمـن در قطعـات جـاده‌هـای کوهسـتانی بـود. بـدین منظـور در ابتـدا معیارهـای اصـلی باتوجه به مطالعات سایر کشورها، ماهیت بهمن و مشورت با کارشناسان امر تعیین گردید. پس از آن با وزن دهـی بـه معیارهـا و بکـارگیری روش تاپسـیس الگـوی رتبـه‌بنـدی پیشنهاد گردید و گام به گام آن برای محور کرج- چـالوس اجرا شد. نتایجی که از ایـن پـژوهش و الگـوی پیشـنهادی حاصل گردید به شرح زیر می‌باشد:

- مهمتـرین معیـار در ریـزش بهمـن در محـور کـرج- چالوس، سابقه ریزش بهمن و تکرار آن می‌باشد.
- پس از تعداد وقوع، زاویه شیب دامنه و پوشش گیـاهی دامنه در رده‌های بعدی اهمیت قرار دارند.
- مـاکزیمم عمـق بـرف سـالانه نیـز معیـاری مهـم در ارزیابی‌های ریسک ریزش بهمن محسوب می‌گردد.
- با توجه به اینکه تعداد وسایل‌نقلیـه عبـوری و احتمـال برخورد بهمن با وسـیله‌نقلیـه نیـز ریسـک خسـارات و تلفات را افزایش می‌دهد معیارهای حمل و نقلی مذکور نیز با وزن کمتر نسبت به سایر عوامل در اولویت‌بنـدی منظور گردید.
- در محور کرج- چالوس با نزدیک شدن به بخـش‌هـای میانی و مرتفـع‌تـر جـاده ریسـک ریـزش بهمـن بیشـتر می‌شود.
- به منظور اولویت اقدام محدوده‌هـای کیلـومتراژ 62 تـا 63 و 63 تا 68، 70 تا 74 زودتر مدنظر قرار گیرند.
- الگوی پیشنهادی قابل کاربرد در قطعـات مختلـف یـک جاده کوهستانی می‌باشد و مسوولین و دست انـدرکاران ادارات راه و استان‌ها و ادارات راه شهرسـتان‌هـا مـی-توانند جهت اولویت بندی و اختصاص بودجـه مـدنظر قرار دهند.
- با بکارگیری الگوی فوق می‌تـوان نقـاط دارای ریسـک بیشتر را زودتـر ایمـن و در نتیجـه خسـارات و تلفـات ناشی از این بحـران طبیعـی در جـاده‌هـای کوهسـتانی کاهش می‌یابد.
- اولویت‌بندی نشان داد که نقاطی که دارای سابقه ریزش بهمن بیشتر هسـتند بـا تقریـب نسـبتاً مناسـب بایـد در اولویت اقدامات ایمن‌سازی و پیشگیرانه قرار گیرند.

موارد زیر برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد:

- ارایه الگوی اولویت بندی قطعات دارای ریسک بهمـن با استفاده از سایر روش‌های اولویت بندی
- تجمیع کلیه حوادث ریزشی جاده شامل بهمـن، ریـزش سنگ، رانش و سایر حوادث مرتبط با دامنه کـوه‌هـا در جاده‌های کوهستانی و ارایه الگوی اولویت‌بندی ترکیبی
- ارایه الگوی راهکارهای ایمن‌سـازی مناسـب دامنـه در برابر ریزش بهمن با توجـه بـه ارزیـابی ریسـک نقـاط 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.

Archive of SID

www.SID.ir

& 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–methodsfor 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

Archive of SID

www.SID.ir