



سال دهم، شماره ۳۰
تابستان ۱۳۸۹، صفحات ۱۳۶-۱۲۱

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
مجله علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

رضا برنا^۱
کریم امینی نیا^۲
حسین محمدی^۳

مطالعه‌ی تاثیر یخبندان و لغزندگی بر روی ایمنی جاده‌ای با استفاده از ماتریس وضعیت‌های اقلیمی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۷/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۹/۲۶

چکیده

یخبندان و لغزندگی در محور ایذه- شهرکرد شرایط خطرناکی را برای ایمنی جاده‌ای ایجاد می‌کند. در این پژوهش دو هدف اصلی دنبال می‌شود: اول؛ تشریح روشی جهت تعیین احتمال وقوع شرایط بحرانی یخبندان و لغزندگی در طول محور ایذه- شهرکرد با استفاده از ماتریس وضعیت‌های اقلیمی دوم؛ تحلیل مکانی و زمانی یخبندان با استفاده از سیستم اطلاعات

۱- دانشجوی دوره دکترای جغرافیای طبیعی، (گرایش اقلیم شناسی) دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۲- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.

۳- عضو هیات علمی دانشگاه تهران.

جغرافیایی. از مهم‌ترین دستاوردهای این تحقیق آن است که؛ بین یخبندان و عامل ارتفاع رابطه مستقیمی وجود دارد، به نحوی که با افزایش ارتفاع، پدیده یخبندان زودتر اتفاق می افتد و دیرتر خاتمه می یابد. از نظر توزیع مکانی، بخش‌های شمالی محور مذکور (از شهرکرد تا کیلومتر ۱۰۰ شهرکرد) تحت تاثیر شدید یخبندان واقعی و پر مخاطره است و از نظر توزیع زمانی، وضعیت‌های NP5، NP6، NP8 (که جزو شرایط خطرناک برای یخبندان هستند) از اواسط آذر تا اواخر بهمن متمرکز شده است.

کلیدواژه‌ها: یخبندان و لغزندگی، ایمنی جاده‌ای، ماتریس وضعیت‌های اقلیمی، محور ایذه-شهرکرد.

مقدمه

ایمنی حمل و نقل جاده‌ای از اصول اساسی در مهندسی ترافیک و برنامه ریزی حمل و نقل می باشد، به طوری که در کشورهای صنعتی و توسعه یافته همگام با توسعه سایر بخش‌های مهندسی ترافیک، موضوع ایمنی نیز مورد توجه قرار گرفته و با انجام مطالعات و تمهیدات لازم، سعی شده است که تصادفات و پیامدهای ناشی از آن را تا حد ممکن به حداقل برسانند (محمدی و برنا، ۱۳۸۵). از میان عوامل تاثیر گذار روی ایمنی حمل و نقل جاده‌ای، پدیده‌های اقلیمی دارای اهمیت بالایی هستند، اگر چه این پدیده‌ها اجتناب ناپذیر و در مواردی خارج از توان و اختیار انسان می باشند، اما بعضی از آنها را می توان با اعمال روش‌هایی در طراحی راه و بعضی از آنها را به حضور به موقع عوامل راهداری در محل به حداقل رساند. از بین عناصر و پدیده‌های اقلیمی که در برنامه ریزی، طراحی و نگهداری جاده‌ها بیشترین توجه به آن می شود پدیده یخبندان است، زیرا یخبندان جزو آن دسته از پدیده‌های اقلیمی است که سالانه خسارات گسترده‌ای را در زمینه‌های مختلف از جمله حمل و نقل ایجاد می کند. یخبندان به شرایطی از هوا گفته می شود که در آن دمای هوا به زیر صفر درجه سانتی گراد می رسد و دلیل آن کاهش سریع انرژی از سطح منطقه است که این وضعیت بیشتر در فصل سرد سال رخ

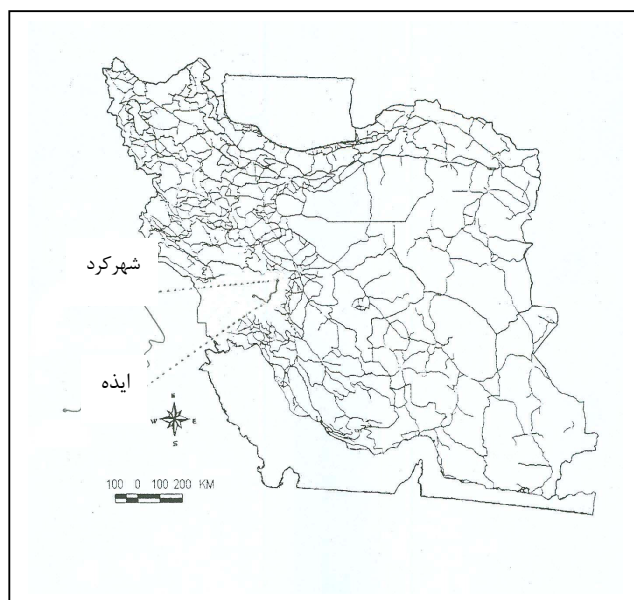
می دهد (محمودی، ۱۳۸۴). بعد از آشنایی کلی با پدیده یخبندان، لزوم بررسی پایگاه مکانی یخبندان مطرح می شود. این پایگاه مکانی شامل جاده‌ها و محورهای ارتباطی است. یخبندان سطح جاده‌ها نقش مؤثری در کاهش اصطکاک بین سطح جاده‌ها و تایر اتومبیل‌ها دارد، در مناطقی که این پدیده از فراوانی بیشتری برخوردار است، مشکل وقتی حادث می شود که رانندگان نسبت به رانندگی در چنین شرایطی آگاهی کافی نداشته باشند. از تاثیرات دیگر یخبندان، تاثیر آن بر روسازی جاده‌ها می باشد. اصولاً برای ایجاد یخبندان سطح جاده‌ها، باید سه عامل با یکدیگر عمل کنند و در صورت نبود حتی یک عامل، پدیده یخبندان اتفاق نمی افتد، این سه عامل عبارتند از: (۱) هوای سرد زیر صفر درجه سانتی گراد (۲) خاک نسبتاً ریز دانه که دارای خاصیت مویینگی خوبی باشد. (۳) منابع آب زیر زمینی در عمق حداکثر سه متر (ادیبی، ۱۳۷۳). در مورد ارتباط بین پدیده یخبندان و ایمنی حمل و نقل جاده‌ای تحقیقات زیادی در جهان صورت گرفته است، از جمله این تحقیقات می توان به این موارد اشاره کرد: تکل (Takle, ۱۹۹۰) ویژگی‌های وقوع یخبندان بر روی پل‌ها و جاده‌ها را از دیدگاه کارکنان تعمیر و نگهداری سازمان حمل و نقل ایالت آیوا در ایالات متحده که از طریق پرسشنامه هایی که توسط این کارکنان تکمیل شده بود را مورد بررسی قرار دارد، این مطالعات و داده‌ها نشان دادند که میانگین سالانه وقوع یخبندان‌ها روی پل‌ها، دامنه تغییراتی در حدود ۱۲ تا ۵۸ مورد و روی جاده‌ها دامنه تغییراتی در حدود ۷ تا ۳۵ مورد برای سرتا سر ایالت آیوا را شامل می شوند. کارسون و منرینگ (Carson and Mannering, ۱۹۹۹) به مطالعه تاثیر گذاری علائم هشداردهنده یخبندان در فراوانی و شدت تصادفات در ایالت واشنگتن پرداختند، آنان با استفاده از ویژگی تصادفات و وضعیت جاده‌ها به این نتیجه رسیدند که مکان‌یابی صحیح علائم هشدار دهنده یخبندان در کنار جاده‌ها می تواند حوادث مرتبط با یخبندان را کاهش دهد. تورنز (Thornes, ۲۰۰۲) در مورد درستی یا نادرستی تصمیمات اتخاذ شده در مورد نمک‌پاشی جاده‌ها در فصل سرد سال در وضعیت یخبندان، به یک روش ساده نظارتی دست یافت. وی با استفاده از داده‌های به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای، تعداد شب‌هایی را که دمای سطح جاده پایین‌تر از ۴ درجه سانتی گراد بود، مشخص کرده و سپس

شاخص زمستانی را براساس فرمول‌ها و روش‌های آماری-ریاضی محاسبه و نقشه‌های لازم را با استفاده از سیستم GIS تهیه نمود.

نورمن (Norman, ۲۰۰۲) به بررسی توزیع مکانی یخبندان با استفاده از یک روش طبقه بندی در جاده‌های جنوب سوئد پرداخت، وی با بهره‌گیری از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی جاده‌ای، تیپ‌های مختلف یخبندان و لغزندگی را استخراج کرد. مناطق کوهستانی ایران در ماه‌های سرد سال، یخبندان‌های شدید را تجربه می‌کنند، این امر باعث بروز مشکلاتی در حمل و نقل جاده‌ای (مانند افزایش سوانح و راهبندان‌های جاده‌ای) می‌شود (Habibi & Alijani, ۲۰۰۲)

مشخصات محور مورد مطالعه

محور ایذه-شهرکرد به طول ۲۵۰ کیلومتر است که در حوزه استحفاظی دو استان خوزستان و چهارمحال و بختیاری واقع شده است (حدود ۸۵ کیلومتر از این جاده در حوزه استحفاظی استان خوزستان و حدود ۱۶۵ کیلومتر دیگر در حوزه استحفاظی استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد). این جاده استان خوزستان را از طریق ارتفاعات زاگرس به استان چهارمحال و بختیاری متصل می‌کند (شکل ۱). محور مذکور عمدتاً در ارتفاعات ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متری سطح دریا احداث شده، و با توجه به نوع توپوگرافی و ویژگی‌های جغرافیایی منطقه، مخاطراتی همچون یخبندان و لغزندگی، لغزش، ریزش، کولاک برف و سیل این محور ارتباطی را تهدید می‌کند (اداره کل راه و ترابری خوزستان، ۱۳۸۷).



شکل ۱- موقعیت محور ارتباطی ایذه - شهرکرد در بین شبکه‌ی راه‌های کشور (برنا، ۱۳۸۸)










مواد و روش‌ها


برای مطالعه توزیع مکانی و زمانی یخبندان و لغزندگی در طول محور ایذه-شهرکرد از اطلاعات زیر استفاده شده است:

- نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰/۰۰۰ مسیر مورد مطالعه (سازمان جغرافیایی، ۱۳۸۵).
 - آمار روزانه پارامترهای دما، بارش و رطوبت نسبی ایستگاه‌های ایذه، دهدز و شهرکرد مربوط به دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۹۶ (سازمان هواشناسی، ۱۳۸۶).
 - استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و ماتریس وضعیت‌های اقلیمی (Johansson, ۲۰۰۲).
- برای مطالعه توزیع مکانی و زمانی یخبندان و لغزندگی در طول محور ایذه-شهرکرد، ابتدا نقشه پایه خطوط تراز و محور مورد مطالعه در محیط نرم افزار ArcView رقومی شد، سپس با جمع آوری آمار و داده‌های روزانه پارامترهای اقلیمی مورد نظر (رطوبت نسبی، دما و بارش)

در طول دوره آماری ۱۰ ساله، با توجه به اهمیت ماه‌های سرد سال، این آمار و اطلاعات از روز اول اکتبر (دهم مهر) تا پایان ماه آوریل (دهم اردیبهشت) به صورت روز شمار مرتب شدند. سپس برای هر یک از روزها، وضعیت بارش، دما و رطوبت نسبی استخراج و در نرم افزار Access ذخیره گردید، سپس به منظور تعیین وضعیت اقلیمی هر یک از روزهای مورد مطالعه، از ماتریس وضعیت‌های اقلیمی استفاده شد (جداول ۱ و ۲).

جدول ۱- ماتریس وضعیت‌های مختلف اقلیمی (Johansson, 2002)

بارش و رطوبت دما	عدم بارش و رطوبت نسبی کمتر از ۸۰٪	رطوبت نسبی بیشتر از ۸۰٪ یا بارش ۱/۹-۰ میلی متر	بارش بیش از ۲ میلی متر
دما بیش از ۲ درجه سانتیگراد N1	 N1	 N2	 N3
دما بین ۲ تا ۶- درجه سانتیگراد N4	 N4	 N5	 N6
دما کمتر از ۶- درجه سانتیگراد N7	 N7	 N8	 N9

● بدون پدیده ● یخبندان بالقوه (عدم وجود رطوبت در محیط) > یخبندان  لغزندگی

جدول ۲ - معرفی هر یک از وضعیت‌های مختلف اقلیمی (Johansson, 2002).

N1: میانگین دمای روزانه بیش از ۲ درجه سانتی گراد و عدم وجود ریزش‌های جوی و رطوبت نسبی کمتر از ۸۰ درصد
N2: میانگین دمای روزانه بیش از ۲ درجه سانتی گراد به همراه مجموع بارش روزانه ۱/۹-۰ میلی متر و یا رطوبت نسبی بالای ۸۰ درصد
N3: میانگین دمای روزانه بیش از ۲ درجه سانتی گراد به همراه بارش روزانه بیش از ۲ میلی متر
N4: میانگین دمای روزانه بین ۲ تا ۶- درجه سانتی گراد به همراه رطوبت نسبی کمتر از ۸۰ درصد
N5: میانگین دمای روزانه بین ۲ تا ۶- درجه سانتی گراد به همراه رطوبت نسبی بیش از ۸۰ درصد یا بارش کمتر از ۲ میلی متر
N6: میانگین دمای روزانه بین ۲ تا ۶- درجه سانتی گراد به همراه بارش بیش از ۲ میلی متر
N7: میانگین دمای روزانه کمتر از ۶- درجه سانتی گراد به همراه رطوبت نسبی کمتر از ۸۰ درصد (عدم بارش)
N8: میانگین دمای روزانه کمتر از ۶- درجه سانتی گراد به همراه رطوبت نسبی بیش از ۸۰ درصد یا بارش کمتر از ۲ میلی متر
N9: میانگین دمای روزانه کمتر از ۶- درجه سانتی گراد به همراه بارش بیش از ۲ میلی متر

براساس جداول ۱ و ۲ فراوانی هر یک از وضعیت‌های اقلیمی به صورت روزانه و ماهانه محاسبه و استخراج شد، سپس تعداد روزهایی که مربوط به هر یک از وضعیت‌های اقلیمی برای یک دوره‌ی آماری ده ساله بود، شمارش و ثبت گردید (جدول ۳).

جدول ۳- مجموع فراوانی سالانه وضعیت های مختلف اقلیمی (N_1-N_9) طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۹۶ (برنا، ۱۳۸۸)

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	N_9
ایذه	۳۱° ۵۱'	۴۹° ۵۲'	۷۶۷	۱۶۴۴	۱۵۲	۴۸۸	۷۶	۴	۲۲	۱۷	۲۲	۵
دهدز	۳۱° ۴۳'	۵۰° ۱۶'	۱۴۵۷	۱۳۱۰	۲۴۳	۳۵۵	۲۳۲	۴۶	۶۲	۴۵	۳۸	۲۳
شهرکرد	۳۲° ۲۰'	۵۰° ۵۱'	۲۰۶۱	۱۱۱۲	۱۸۱	۳۵۸	۳۰۱	۸۹	۱۱۴	۱۰۱	۶۲	۵۱

پس از محاسبه تعداد روزهای مربوط به هر یک از وضعیت های مختلف اقلیمی، میانگین ده ساله آنها گرفته شد (جدول ۴).

جدول ۴- میانگین سالانه وضعیت های مختلف اقلیمی (N_1-N_9) طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۶ (برنا، ۱۳۸۸)

ایستگاه	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	N_9
ایذه	۱۶۴	۱۵	۴۸	۷	۰	۲	۱	۲	۰
دهدز	۱۳۱	۲۴	۳۵	۲۳	۴	۶	۴	۳	۲
شهرکرد	۱۱۱	۱۸	۳۶	۳۰	۹	۱۱	۱۰	۶	۵

پس از محاسبه میانگین، احتمال وقوع هر یک از وضعیت‌های مختلف اقلیمی برای هفت ماه دوره سرد سال محاسبه گردید (جدول ۵).

جدول ۵- احتمال وقوع هر یک از وضعیت های مختلف اقلیمی (NP_1-NP_9) طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۹۶ (برنا، ۱۳۸۸)

ایستگاه	NP_1	NP_2	NP_3	NP_4	NP_5	NP_6	NP_7	NP_8	NP_9
ایذه	۶۸/۶	۶/۳	۲۰	۳	۰	۰/۸	۰/۴	۰/۸	۰
دهدز	۵۶/۵	۱۰/۳	۱۵	۱۰	۱/۷	۲/۶	۱/۷	۱/۳	۰/۹
شهرکرد	۴۷	۷/۶	۱۵/۲	۱۲/۷	۳/۸	۴/۶	۴/۲	۲/۵	۰/۵

پس از محاسبه احتمال وقوع هر یک از وضعیت‌های مختلف اقلیمی، به تعیین نوع میزان همبستگی بین هر یک از وضعیت‌های اقلیمی با ارتفاع ایستگاه‌ها پرداخته شد که در جدول ۶، نوع و میزان همبستگی وضعیت‌های مختلف اقلیمی با ارتفاع ایستگاه‌ها در محور مورد مطالعه مشخص شده است.

جدول ۶- نتایج روابط هر یک از احتمال وقوع وضعیت‌های مختلف اقلیمی با ارتفاع ایستگاه‌ها (برنا، ۱۳۸۸)

NP ₉	NP ₈	NP ₇	NP ₆	NP ₅	NP ₄	NP ₃	NP ₂	NP ₁	احتمال وقوع نوع رابطه
%۵۸	%۹۶	%۹۷	%۹۹	%۹۹	%۹۷	%۸۶	%۳۵	۱	میزان همبستگی
مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	معکوس	مستقیم	معکوس	نوع همبستگی

برای تحلیل مکانی و زمانی متغیرهای اقلیمی و تعیین محدوده‌های بحرانی یخبندان و لغزندگی، از روابط آماری و نرم افزار ArcView استفاده شد. برای مشخص نمودن زمان آغاز و خاتمه یخبندان نیز روز ۲۲ آگوست (اول شهریور) را به عنوان روز مبنا انتخاب کردیم و بقیه روزها به ترتیب نسبت به این مبدا شمارش شدند. به عنوان مثال؛ اگر در یک ایستگاه اولین دمای صفر درجه سانتی گراد در روز ۸۴ رخ داده باشد، با توجه به روز مبنا یعنی روز ۲۲ آگوست (اول شهریور)، زمان آغاز یخبندان معادل با ۱۳ نوامبر (۲۳ آبان) است و به همین ترتیب اگر آخرین دمای زیر صفر درجه سانتی گراد در روز ۲۲۰ رخ داده باشد، زمان خاتمه‌ی یخبندان برابر ۲۷ مارس (۸ فروردین) خواهد بود. از مدل رگرسیون چند متغیره نیز برای مطالعه رابطه بین متغیرهای اقلیمی با ارتفاع و عرض جغرافیایی در محور مورد مطالعه اقدام گردید (جدول ۷) که روابط مورد نظر به دست آمد (جدول ۸) و در گام آخر اقدام به تهیه‌ی نقشه توزیع مکانی یخبندان و لغزندگی شد (شکل ۲).

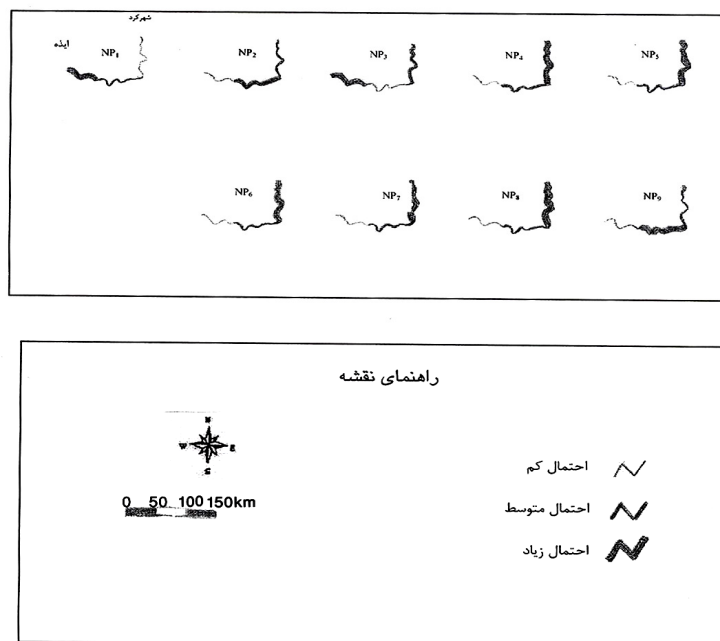
جدول ۷- روابط متغیرهای اقلیمی با ارتفاع و عرض جغرافیایی در مسیر مورد مطالعه (حبیبی، ۱۳۸۳)

ضریب همبستگی	معادله رگرسیون چند متغیره	پارامترهای اقلیمی
%۱۰۰	$y = 272 - (4/248 \times \text{عرض جغرافیایی}) - (4/38 \times \text{ارتفاع})$	آغاز یخبندان
%۱۰۰	$y = -16/8 + (4/44 \times \text{عرض جغرافیایی}) + (4/294 \times \text{ارتفاع})$	خاتمه یخبندان

بحث و بررسی

در این بخش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و ماتریس وضعیت‌های مختلف اقلیمی به بررسی و مطالعه توزیع مکانی و زمانی یخبندان و لغزندگی در طول محور ایذه-شهرکرد می‌پردازیم. با توجه به توپوگرافی خاص محور ایذه-شهرکرد، می‌توان این جاده را از حیث ارتفاع به سه بخش متمایز تقسیم کرد: بخش اول؛ منطقه با ارتفاع کم (از ایذه تا کیلومتر ۴۰) که مشتمل بر ارتفاعات کمتر از ۱۰۰۰ متر و منطبق بر ایستگاه ایذه است. بخش دوم؛ منطقه با ارتفاع متوسط (از کیلومتر ۴۰ ایذه تا کیلومتر ۱۵۰ ایذه) که مشتمل بر ارتفاعات ۲۰۰۰-۱۰۰۰ متر و منطبق بر ایستگاه دهدز است. بخش سوم؛ منطقه با ارتفاع زیاد (از شهرکرد تا کیلومتر ۱۰۰ شهرکرد) که مشتمل بر ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر و منطبق بر ایستگاه شهرکرد است. بر اساس ماتریس وضعیت‌های مختلف اقلیمی و همچنین نقشه توزیع مکانی احتمال وقوع یخبندان و لغزندگی در طول محور ایذه-شهرکرد (شکل ۲)، مشاهده می‌کنیم که NP_1 وضعیت بدون پدیده را معرفی می‌کند، این وضعیت در ایستگاه شهرکرد (مرتفع‌ترین بخش مسیر) دارای کمترین مقدار و در ایستگاه ایذه (کم ارتفاع ترین بخش مسیر) دارای بیشترین مقدار است. NP_2 و NP_3 نشان دهنده لغزندگی ناشی از ریزش باران در سطح جاده می‌باشد، مشاهده می‌شود که در مجموع این دو وضعیت اقلیمی در ایستگاه دهدز دارای بیشترین مقدار است. NP_4 و NP_7 نشان دهنده یخبندان بالقوه می‌باشد، بدین معنی که در این دما سطح جاده می‌تواند وضعیت یخبندان به خود بگیرد، اما بدلیل عدم وجود رطوبت کافی، این وضعیت اقلیمی در سطح جاده ایجاد نمی‌شود. در مجموع این دو وضعیت اقلیمی به ترتیب در ایستگاه‌های شهرکرد و دهدز دارای بیشترین مقادیر است، همچنین NP_4 و NP_7 میزان همبستگی بالایی را با ارتفاع نشان می‌دهد. در تفسیر این موضوع می‌توان گفت که در ماه‌های سرد سال از کیلومتر ۴۰ ایذه تا شهرکرد شرایط بالقوه برای ایجاد یخبندان فراهم است. NP_5 و NP_6 وضعیت یخبندان واقعی را بیان می‌کند، یعنی شرایطی که هم درجه حرارت هوا پایین است و هم رطوبت یا بارش لازم برای یخبندان واقعی را بیان می‌کند، روی هم رفته این دو وضعیت اقلیمی در ایستگاه شهرکرد دارای بیشترین مقدار است. همچنین این دو وضعیت

اقليمی میزان همبستگی بسیار بالایی را با عامل ارتفاع نشان می دهد. در تفسیر این موضوع می توان گفت که در محور ایذه-شهرکرد هر مقدار عامل ارتفاع افزایش پیدا کند، مقادیر NP_5 و NP_6 هم افزایش پیدا می کند، به عبارتی دیگر شرایط NP_5 و NP_6 رابطه مستقیمی با عامل ارتفاع دارد. بنابراین در حدود ۱۰۰ کیلومتر از طول این محور در فصول سرد سال متأثر از شرایط یخبندان واقعی است. وضعیت‌های اقلیمی NP_8 و NP_9 از نظر ایمنی حمل و نقل جاده‌ای بسیار پرخطر می باشد، یعنی شرایطی که هم دمای هوا بسیار پایین است و هم رطوبت و بارش لازم برای یخبندان وجود دارد. وضعیت اقلیمی NP_8 در ایستگاه شهرکرد دارای بیشترین مقدار است، همچنین این وضعیت اقلیمی ضریب همبستگی بالایی را با عامل ارتفاع نشان می دهد. در تفسیر این موضوع می توان گفت که در فصول سرد سال از شهرکرد تا کیلومتر ۱۰۰ شهرکرد (یعنی بخش‌های شمالی این محور)، وضعیت اقلیمی NP_8 به همراه مشکلات هندسی، مخاطرات زیادی را برای ایمنی حمل و نقل ایجاد می نماید. با نگاهی کلی به جدول ۶ مشاهده می شود که غیر از NP_1 و NP_3 ، وضعیت‌های اقلیمی دیگر، رابطه مستقیمی با عامل ارتفاع دارند، این مساله مؤید آن است که در طول فصل سرد سال (از اول اکتبر تا پایان آوریل) هر میزان که ارتفاع جاده افزایش پیدا کند، میزان یخبندان و لغزندگی هم بیشتر خواهد شد، به طوری که وضعیت‌های NP_5 و NP_6 (که شرایط واقعی یخبندان را نشان می دهد) ضریب همبستگی بسیار بالایی را با عامل ارتفاع نشان می دهد.



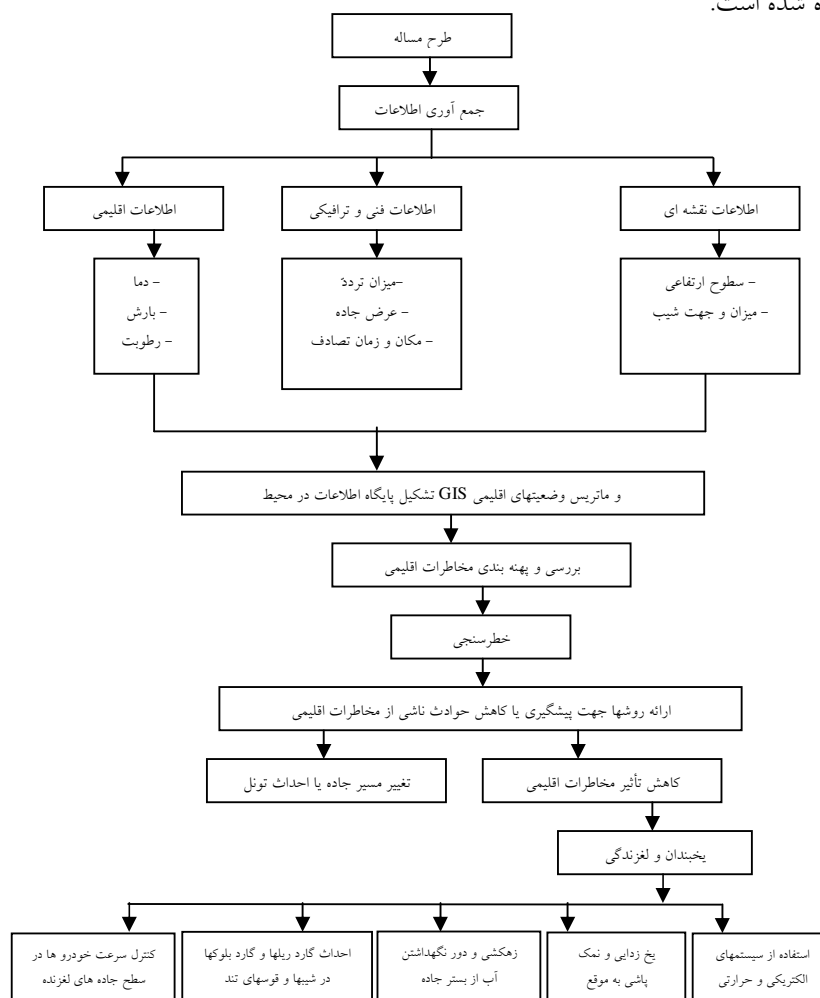
شکل ۲- نقشه توزیع مکانی احتمال وقوع یخبندان و لغزندگی در طول محور مورد مطالعه (برنا، ۱۳۸۸)

بر اساس محاسبات انجام شده (جدول ۷) و همچنین نتایج حاصل از جدول ۸، زمان وقوع اولین و آخرین پدیده یخبندان در ایستگاه شهرکرد به ترتیب ۱۴ مهر و ۵ اسفند است که دلیل آن نیز ارتفاع زیاد این ایستگاه نسبت به ایستگاه‌های اطراف می باشد. در ایستگاه دهدز زمان آغاز و خاتمه یخبندان به ترتیب ۱۳ آبان و ۱۴ بهمن و در ایستگاه ایذه زمان آغاز و خاتمه یخبندان به ترتیب ۱۳ آذر و ۲۴ دی است. به عبارت دیگر، طول مدت یخبندان در ایستگاه شهرکرد ۱۳۹ روز، در ایستگاه دهدز ۹۱ روز و در ایستگاه ایذه ۴۱ روز است. بنابراین استنباط می شود که با افزایش ارتفاع در طول محور مورد مطالعه، هم تعداد روزهای یخبندان بیشتر می شود و هم اینکه پدیده یخبندان از نظر زمانی زودتر اتفاق افتاده و دیرتر خاتمه می یابد.

جدول ۸- زمان آغاز و خاتمه یخبندان در طول محور ایذه- شهرکرد (برنا، ۱۳۸۸)

ایستگاه	پارامتر اقلیمی	زمان آغاز یخبندان	زمان خاتمه یخبندان
شهرکرد		۱۴ مهر	۵ اسفند
دهدز		۱۳ آبان	۱۴ بهمن
ایذه		۱۳ آذر	۲۴ دی

لازم به ذکر است که مراحل انجام این پژوهش در شکل ۳ به صورت یک چارت کامل نشان داده شده است.



شکل ۳- مراحل انجام تحقیق (برنا، ۱۳۸۸)

نتیجه‌گیری

با استفاده از ماتریس وضعیت‌های اقلیمی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به بررسی توزیع مکانی و زمانی یخبندان و لغزندگی در طول محور ایذه-شهرکرد اقدام شد که این نتایج حاصل شد: در طول ماه‌های سرد سال از کیلومتر ۴۰ ایذه تا شهرکرد شرایط برای ایجاد یخبندان بالقوه (NP₄ و NP₇) فراهم است، بنابراین در این موقع از سال و در این مقطع از جاده، در صورت وجود رطوبت لازم و ریزش‌های جوی مناسب، یخبندان شدید می‌تواند به وقوع بپیوندد. از شهرکرد تا کیلومتر ۱۰۰ شهرکرد شرایط لازم برای ایجاد یخبندان واقعی (NP₅ و NP₆) وجود دارد. NP₅ و NP₆ میزان همبستگی بسیار بالایی را با عامل ارتفاع نشان می‌دهد و در تفسیر این موضوع می‌توان گفت که هر مقدار ارتفاع افزایش پیدا کند، شرایط برای ایجاد یخبندان واقعی نیز بیشتر خواهد شد به نحوی که در طول مسیر مورد مطالعه، ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر، با این پدیده بیشتر روبروست. وضعیت اقلیمی NP₈ (وضعیت بسیار پرخطر برای ایمنی حمل و نقل جاده‌ای) از شهرکرد تا کیلومتر ۱۰۰ شهرکرد بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. به غیر از NP₁ و NP₃، وضعیت‌های اقلیمی دیگر، رابطه مستقیمی با عامل ارتفاع دارند. این مساله بیانگر آن است که در طول فصل سرد سال به هر میزان که ارتفاع جاده افزایش پیدا کند، میزان یخبندان و لغزندگی در سطح جاده نیز بیشتر خواهد شد. بنابراین با بررسی توزیع مکانی وضعیت‌های مختلف اقلیمی استنباط می‌شود که در طول ماه‌های سرد سال، شرایط یخبندان واقعی (NP₅ و NP₆) و یخبندان بسیار پرمخاطره (NP₈) به همراه مشکلات هندسی جاده، حدود ۱۰۰ کیلومتر از این محور (بخش‌های شمالی آن) را تهدید می‌کند. با بررسی توزیع زمانی پدیده یخبندان و لغزندگی در طول محور ایذه-شهرکرد متوجه می‌شویم که طول مدت یخبندان از شهرکرد تا کیلومتر ۱۰۰ شهرکرد ۱۳۹ روز، از کیلومتر ۴۰ ایذه تا کیلومتر ۱۵۰ ایذه در حدود ۹۱ روز و بالاخره از ایذه تا کیلومتر ۴۰ ایذه در حدود ۴۱ روز است. بنابراین استنباط می‌شود که با افزایش ارتفاع در طول محور مذکور، هم تعداد روزهای یخبندان بیشتر می‌شود و هم اینکه پدیده یخبندان از نظر زمانی زودتر اتفاق افتاده و دیرتر خاتمه می‌یابد. همچنین وضعیت‌های NP₅، NP₆، NP₈ (که شرایط واقعی و خطرناک

یخبندان است)، همبستگی بسیار بالایی را با عامل ارتفاع نشان می‌دهد و در نهایت به نظر می‌رسد که برای افزایش ضریب ایمنی حمل و نقل در محور ایذه-شهرکرد، به هنگام یخبندان سطح جاده بایستی اقداماتی از قبیل؛ نمک پاشی سطح جاده، استفاده از سیستم‌های اعلام هشدار و بالاخره محدودیت سرعت وسایل نقلیه را اتخاذ کرد.

پیشنهادها و راهکارها

- به منظور به حداقل رساندن تاثیر یخبندان و لغزندگی بر ایمنی جاده‌ای در محور ایذه-شهرکرد، پیشنهادها و راهکارهایی به شرح زیر ارائه می‌گردد:
 - تهیه آمار و اطلاعات از متغیرهای جوی مؤثر بر جاده، جهت برنامه‌ریزی در برابر پدیده یخبندان.
 - با توجه به عدم ایمنی مناسب محور ایذه-شهرکرد در برابر حوادث ناشی از یخبندان و لغزندگی، بایستی به سرعت در جهت ایمن سازی و اقدامات پیشگیرانه در برابر اینگونه حوادث تمهیداتی را اندیشید.
 - تعریض و پیچ‌بری گردنه‌ها برای رفع مشکلات دید رانندگان بویژه در مناطق خطرناک.
 - تهیه آسفالت روسازی متناسب با شرایط اقلیمی منطقه (بویژه هنگام یخبندان و لغزندگی).
 - زهکشی و دور نگهداشتن آب از بستر جاده به روش‌های مختلف به منظور کاهش لغزندگی سطح جاده.
 - نصب گاردریل‌ها و گاردبلوک‌های مستحکم در نواحی دارای لغزندگی شدید، بویژه در مقاطعی که جاده دارای شیب‌ها و پیچ‌های خطرناک می‌باشد.
 - جایگزینی مواد شیمیایی کم‌ضرر به جای نمک، جهت ذوب سریع یخ‌ها.
 - استفاده از سیستم‌های الکتریکی و لوله‌ای در سطح زیرین جاده برای مقابله با یخبندان و لغزندگی.

منابع

- ۱- برنا، رضا (۱۳۸۸)، «پروژه ارزیابی سوانح و ایمنی حمل و نقل جاده‌ای با رویکرد مخاطرات اقلیمی» دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.
- ۲- محمدی، حسین و برنا، رضا (۱۳۸۵)، «بررسی پدیده‌های آب و هوایی موثر بر ایمنی حمل و نقل جاده‌ای در محور کرج- چالوس»، مجله دانشنامه، شماره ۶۱
- ۳- محمودی، پیمان (۱۳۸۴)، «بررسی پارامترهای اقلیمی موثر بر تردد و تصادفات در محور سنندج- همدان». پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی
- ۴- ادیبی، هادی (۱۳۷۳)، «پهنه‌بندی ایران از نقطه نظر عوامل موثر آب و هوایی بر روسازی راه»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران
- ۵- اداره کل راه و ترابری استان خوزستان (۱۳۸۷)، «اطلاعات مربوط به مشخصات فیزیکی محور ایذه- شهرکرد».
- ۶- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۸۵)، «نقشه‌های توپوگرافی محور مورد مطالعه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰».
- ۷- سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۶)، «آمار و اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های شهرکرد، ایذه و دهلز».
- ۸- حبیبی نوخندان، مجید (۱۳۸۳)، «آب و هوا و ایمنی جاده‌های کوهستانی ایران». رساله دکتری تخصصی جغرافیا، دانشگاه تهران.
- 9- Takle, S.E, (1990), "Bridge and roadway frost: Occurrence and prediction by use of an expert system", *Journal of Applied Meteorology*, American Meteorological Society, August, Volume 29.
- 10- Carson, J and Mannering (1999), "The traffic of the ice warning signs and ice accident and severity", *Accident Analysis and Prevention*, No. 33, pp 89-100.
- 11- Thornes, J.E. (2002), "Performance audit method for winter maintenance", In 11th International Road Weather Conference, Sapporo, Japan.

- 12- Norman, J. (2000), "Local climatological studies with emphasis on road slipperiness", Unpubl. Ph. DThesis Dept.of Earth Science Gothenburg University, Sweden.
- 13- Habibi Nokhandan, M. Alijani, B. Jamali, J. (2002), "Case study of the effects of weather conditions on mountainous road safety", xIth International Winter Road Congress, Japan.
- 14- Johansson, (2002), "Accidents, speed and salt consumption on road in winter", xIth International Winter Road Congress, Japan.