Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال یازدهم، شماره‌ی ۳۳
بهار ۱۳۹۰، صفحات ۲۵-۱

محمود خسروی[۱]
پیمان محمودی[۲]

پهنه‌بندی اقلیمی غرب و شمال‌غرب ایران با رویکردی بر مدیریت روسازی راه

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۸/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۱۲/۲۰

چکیده

از زمان‌های بسیار دور که در ساخت پروژه‌های عمرانی و بخصوص شبکه‌های ارتباطی از روش‌های ابتدایی استفاده می شد تا حال حاضر که روش‌های پیچیده و دقیق مطرح شده‌اند، آب و هوا و خصوصیات مختلف آن همواره به عنوان یکی از عوامل مهم و حیاتی در روند ایجاد یک سازه دخالت مستقیم داشته‌اند.

ایران با واقع شدن در جنوب غربی آسیا و در حد فاصل بین دو عرض جغرافیایی ۲۵ تا ٤۲ درجه شمالی همواره محل عبور سیستم‌ها و توده‌های مختلف اقلیمی بوده که برآیند آن به

۱- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان. E-mail: khosravi@hamoon.usb.ac.ir
۲- دانشجوی دکترای جغرافیای طبیعی (اقلیم شناسی)، دانشگاه سیستان و بلوچستان و کارشناس مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی استان سیستان و بلوچستان. E-mail: Paymanasia@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

وجود آمدن پهنه‌های گوناگون اقلیمی بر روی سرزمین ایران بوده است. لذا با توجه به گوناگونی اقلیمی این سرزمین، هر گونه ساخت و بهره برداری از پروژه‌های ارتباطی، مستلزم توجه دقیق به این پدیده‌های اقلیمی است. در این مطالعه جهت دستیابی به پهنه‌هایی با ویژگی‌های اقلیمی یکسان، اقدام به پهنه بندی غرب و شمال غرب ایران با توجه به مدیریت روسازی راه گردید.

برای انجام این کار از ۱۰ پارامتر هواشناسی متعلق به ۳۸ ایستگاه سینوپتیک موجود در منطقه برای یک دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۱) بهره گرفته شد. ابتدا داده‌های هواشناسی به نمره استاندارد Z تبدیل و سپس با استفاده از روش تحلیل خوشه ای، خوشه بندی ایستگاه‌ها انجام شد. سپس بر اساس خوشه‌های به دست آمده پهنه بندی اقلیمی انجام گرفت. در نهایت پهنه بندی مورد نظر بر روی پهنه آب‌های زیر زمینی قرار داده شد و پیشنهادات لازم برای هر پهنه جهت مدیریت صحیح روسازی راه ارائه گردید.

کلید واژه‌ها: ایران، طبقه بندی، روسازی راه، تحلیل خوشه ای، GIS

مقدمه

راه‌های ارتباطی که شریان‌های حیاتی هر کشور و زیربنای هرگونه رشد و توسعه اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی، صنعتی و... به شمار می آیند، از جمله سرمایه‌های ملی و از بهترین تسهیلات استراتژیک هر کشور محسوب می شوند. لذا نگهداری راه‌ها علاوه بر تامین ایمنی استفاده کنندگان، موجبات صرفه جوئی در هزینه‌ها را نیز سبب می شود (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳؛۸۰).

از مهم‌ترین اجزاء هر سیستم حمل و نقل جاده ای که می توان بدان اشاره نمود، روسازی راه و یا به عبارتی ساختمان راه می باشد، زیرا هم ترافیک حاصل از وسایل نقلیه را تحمل می نماید و هم به لحاظ اقتصادی هزینه فراوانی را جهت ساخت به خود اختصاص می دهد (اشرفی زاده، ۱۳۷۵؛٤).

www.SID.ir

Archive of SID

فاکتورهای گوناگونی چه به صورت انفرادی و چه به صورت ترکیبی بر روی کیفیت روسازی راه‌ها اثر گذار هستند که می توان آنها را در شش گروه دسته بندی نمود (اشرفی زاده، ۱۳۷۵؛٤٧):

۱. فاکتورهای مربوط به ترافیک راه

۲. فاکتورهای آب و هوایی یا فاکتورهای محیطی

۳. ضخامت لایه‌های روسازی

٤. مواد استفاده شده در لایه‌های روسازی و مشخصات بستر راه

۵. فاکتورهای مربوط به ساخت و اجرای روسازی

٦. فاکتورهای مربوط به تعمیر و نگهداری

از میان عوامل یاد شده یکی از عوامل مهمی که به طور مستقیم در طراحی روسازی و به طور غیر مستقیم در نگهداری و بهره برداری مؤثر بوده، شرایط محیطی و اقلیمی یک منطقه در طول سال می باشد. توجه به این فاکتور اقلیمی در طراحی و مهندسی راه برای اولین بار در سال ۱۹٦۰ در انگلستان به هنگام برنامه ریزی جاده ترانزیتی «پنین ام ٦۲» بین لیورپول و هال مطرح گردید (محمدی و محمودی، ۱۳۸۵:۱۳۱). از آن زمان به بعد مطالعات بسیاری در زمینه تاثیر پارامترهای مختلف اقلیمی بر روی جنبه‌های گوناگون ایمنی تردد و تصادفات در جهان صورت گرفته است (میائو و لان، ۱۹۹۵: ۳۸۹-۳۷۱؛ ادواردز، ۱۹۹٦: ۲۱۲-۲۰۱؛ ادواردز، ۱۹۹۸: ۲٦۱-۲٤۹؛ کارسون و مانرینگ، ۲۰۰۱: ۱۰۰-۸۹ ؛ یاماموتو، ۲۰۰۲: ۱۱۹-۱۱۰؛ بویلود و مارتین، ۲۰۰٦: ۵۱٦-۵۰۰؛ لندکویست، ۱۹۹۲: ۲۷٤-۲٦۵؛ بوگرن و گوستاوسن، ۲۰۰٦: ۱۵۹-۱۵٦؛ گوستاوسن و همکاران، ۱۹۹۸: ۵۷۱-۵۵۹؛ ساس، ۱۹۹۷: ۸۱۷-۸۰۱؛ کارلسون، ۲۰۰۱: ۱۰۵-۹۵؛ کرویر و دلاگ، ۲۰۰۱: ۲۰۳۷-۲۰۲٦؛ تکل، ۱۹۹۰: ۲۳-۱۱؛ گوستاوسن و بگرن، ۲۰۰۲: ۳۰-۲٦؛ لاتینن و کانتونن، ۲۰۰٤: ٦-۱؛ یاماگیوا و همکاران، ۲۰۰٤: ۲۰۲-۱۹۵). در ایران نیزحبیبی نوخندان در بین جغرافیدانان اقلیم شناس ایرانی اولین کسی بود که به طور خاص، تاثیر پارامترهای اقلیمی بر روی ایمنی تردد را به عنوان موضوع تحقیق دانشگاهی خود در سال ۱۳۷۸ برگزید. از آن زمان به بعد تاکنون مطالعات گوناگونی هرچند اندک و پراکنده

www.SID.ir

Archive of SID

توسط محققان مختلف در سطح دانشگاه‌ها انجام شده است (حبیبی نوخندان، ۱۳۸۳؛ محمدی و محمودی، ۱۳۸٤؛ محمدی و محمودی، ۱۳۸۵؛ کرمی و فرج زاده اصل، ۱۳۸٤؛ باقدم و همکاران، ۱۳۸٤ و کمالی و حبیبی نوخندان، ۱۳۸٤),

اما در زمینه پهنه بندی اقلیمی با رویکردی بر مدیریت رو سازی راه، کارها بسیار محدود و کشورهایی که در این زمینه مطالعاتی داشته اند، بسیار اندک بوده اند. به طوری که در این مطالعات) محققان همواره از دو عامل درجه حرارت و رطوبت در پهنه بندی‌های خود استفاده نموده اند. در اردن فقط از پارامتر رطوبت، در هند از دو پارامتر درجه حرارت و رطوبت و در ژاپن فقط از درجه حرارت برای پهنه بندی اقلیمی استفاده نموده اند (کاووسی و طباطبائی، ۱۳۷۲).

اما بهترین پهنه بندی اقلیمی در زمینه مدیریت روسازی راه مربوط به کشور آمریکا می باشد. این کشور به دلیل وسعت زیاد دارای انواع آب و هوا می باشد. در پهنه بندی این کشور از دو عامل رطوبت و درجه حرارت توامان بهره گرفته شده است. در این تقسیم بندی که بعدها مورد استفاده مؤسسه آشتو نیز قرار گرفت، ابتدا آمریکا از نظر میزان رطوبت از شرق به غرب به سه پهنه موازی تقسیم و سپس از نظر درجه حرارت نیز از شمال به جنوب به سه پهنه دیگر تقسیم گردید که حاصل آن پهنه بندی آمریکا به نه پهنه مختلف اقلیمی بود. در نهایت مؤسسه آشتو به منظور سهولت در طراحی و بخصوص طراحی راه‌های با ترافیک کم در راهنمای طراحی خود، پهنه بندی فوق را خلاصه تر نموده و به شش پهنه تبدیل نمود (آشتو، ۲۰۰۱).

اما پیشنه تحقیقاتی پهنه بندی اقلیمی با رویکردی بر روسازی راه در ایران نشان می دهد که درسال ۱۳۵۲ همزمان با رشد سریع بودجه‌های عمرانی و فقدان ضوابط و مشخصات فنی کافی در زمینه‌های مختلف راهسازی و راهداری، نیاز به یک سری مطالعات در این زمینه احساس می شد. به همین دلیل موسسه BCEOM فرانسه مطالعات خود را در سال ۱۳٥٤ شروع و در سال ۱۳٥٦ به پایان رساند. عمده کار این موسسه در رابطه با استانداردهای طراحی، اجرا، نگهداری و بهره برداری بوده است. اما به طور پراکنده در گوشه و کنار این طرح مطالبی در خصوص رابطه عناصر آب و هوایی با مسائل روسازی راه مطرح گردیده

www.SID.ir

Archive of SID

است. اما چون هیچگاه به این عوامل ارزش درجه یک و اصلی داده نشده، نتایج مطالعات این موسسه در این زمینه قابلیت جامعی ندارد (ادیبی، ۱۳۷۳: ۱۵۵-۱۵٤). در سال ۱۳۷۱ نیز طرحی با عنوان تقسیم بندی کشور از نظر روسازی راه‌های روستایی توسط کاووسی و طباطبائی (۱۳۷۲) تحت نظارت دفتر مرکزی وزارت جهاد سازندگی سابق شروع و در نیمه سال ۱۳۷۳ به پایان رسید. در این تقسیم بندی از دو عامل درجه حرارت با مشخصه تعداد روزهای زیر صفر درجه سانتی گراد و عامل رطوبت با مشخصه مقدار بارندگی سالانه استفاده شده است. ادیبی نیز در سال ۱۳۷۳ با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف اقلیمی، ایران را به ۱۰ پهنه اقلیمی تقسیم بندی نمود و برای هر پهنه پیشنهادات لازم را ارائه نموده است.

با مطالعه ای که بر روی منابع مختلف در زمینه تاثیر پارامترهای مختلف اقلیمی بر روی ایمنی تردد و ترافیک و همچنین انواع پهنه بندی‌های گوناگون اقلیمی که با رویکرد روسازی راه در سطح جهان و ایران انجام شده، مشاهده گردید که بیشتر آنها طبقه بندی‌هایی مبتنی بر یک یا دو عنصر اقلیمی بوده اند. اما با ارایه یک پهنه بندی اقلیمی که همه عوامل و عناصر اقلیمی را یک جا با خود به همراه داشته باشد، نه تنها درجه اهمیت هر یک از عوامل اقلیمی را در یک پهنه مشخص می کند، بلکه با شناخت این عوامل و عناصر می توان تصمیم گیری‌ها و برنامه ریزی‌های بهتری انجام داد و از پرداختن به سایر عواملی که اهمیت چندانی در آن منطقه ندارند، خودداری نمود.

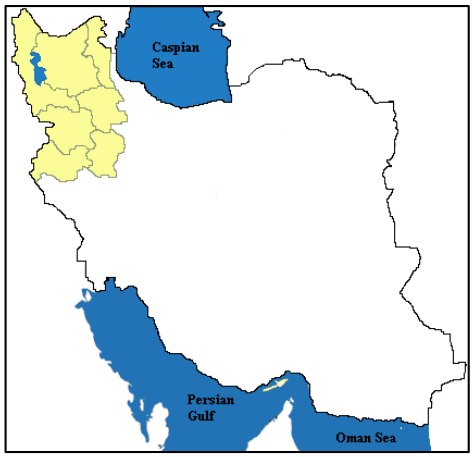
موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه غرب و شمال غرب ایران که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته، قسمتی از سرزمین پهناور ایران در جنوب غربی آسیاست که در حد فاصل بین دو عرض جغرافیایی ۳۰ تا ٤۰ درجه شمالی و ٤٤ تا ۵۲ درجه طول شرقی قرار گرفته است. مساحت این منطقه در حدود ۱۲۵۰۰۰ کیلومتر مربع است که حدود ۱۵ درصد از مساحت ایران را شامل می شود. از نظر تقسیمات اداری، منطقه مورد مطالعه شامل ۷ استان می باشد که از سمت غرب به کشور عراق

www.SID.ir

Archive of SID

و ترکیه، از شمال به کشورهای آذربایجان و ارمنستان و از طرف شرق و جنوب به دیگر استان‌های داخلی ایران محدود شده است (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه غرب و شمال غرب ایران

از لحاظ آب و هوایی، این منطقه محل عبور سیستم‌ها و توده‌های مختلف اقلیمی است که حاصل آن به وجود آمدن پهنه‌های گوناگون اقلیمی بر روی آن بوده است. همین تنوع در اقلیم باعث گردیده که تجمع انسانی در این منطقه نسبت به دیگر مناطق کشور بسیار متراکم باشد که این خود نیز متراکم بودن شبکه حمل و نقل را ایجاب می کند. لذا با توجه به گوناگونی اقلیمی این سرزمین، هر گونه ساخت و بهره برداری از پروژه‌های ارتباطی مستلزم توجه دقیق به این پدیده‌های اقلیمی است.

مواد و روش‌ها

جهت پهنه بندی اقلیمی با رویکردی بر مدیریت روسازی راه برای غرب و شمال غرب ایران، داده‌های میانگین درجه حرارت سالانه، میانگین حداکثر درجه حرارت در گرم‌ترین ماه سال، میانگین درجه حرارت در سردترین ماه سال، اختلاف بین درجه حرارت حداکثر و حداقل سالیانه و میانگین بارش سالانه برای یک دوره ۱۵ ساله (۲۰۰۵-۱۹۹۱) برای ۳۵ ایستگاه

www.SID.ir

Archive of SID

هواشناسی سینوپتیک از سازمان هواشناسی ایران دریافت گردید. شکل شماره ۲ موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می دهد.

شکل شماره ۲. نقشه موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

روش تحقیق

امروزه یکی از متداول ترین روش‌های طراحی روسازی راه بر اساس نتایج تجربی حاصل از آزمایش‌های بزرگ آشتو[۳] استوار می باشد. بر اساس این روش عوامل و پارامترهای مختلفی بر روی کیفیت طراحی روسازی راه تاثیر گزار هستند. یکی از این عوامل و پارامترها که در آیین

۳- با افزایش روز افزون تعداد، وزن و سرعت خودروها و لزوم توسعه بیشتر راه‌ها در کشورهای مختلف، اهمیت بکارگیری روش‌های اصولی راه‌ها، بیش از پیش احساس می شود. هر چند امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته جهان روش‌های مکانیستیک طراحی روسازی که بر پایه تحلیل روسازی استوارند، گسترش یافته اند

www.SID.ir

Archive of SID

نامه آشتو از آن به عنوان ضریب منطقه ای R نام برده می شود، عبارت از شرایط خاک تحت عوامل مختلف آب و هوایی است که در راس آنها عامل درجه حرارت و مقدار رطوبت خاک قرار دارد. بر طبق نظریه کارشناسان آشتو خاک یک منطقه در طول سال بر اساس شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه سه مرحله زمانی را اما با طول دوره‌های مختلف به قرار زیر طی می کند:

۱. مدت زمانی از سال که خاک به عمق حداقل ۱۲/۵ سانتی متر یخ زده باشد. این مدت به طور معمول از زمان اولین یخبندان شروع و کمی بیشتر از آخرین یخبندان ادامه پیدا می کند.

۲. مدت زمانی از سال که خاک اشباع شده می باشد. این زمان به طور معمول بعد از دوره یخ زدگی خاک با افزایش مداوم و پیوسته درجه حرارت شروع می شود. طول عمر این مرحله بستگی به سیر صعودی درجه حرارت در این مرحله، همچنین شدت و مدت انجماد خاک در مرحله یخ زدگی خاک دارد.

۳. مدت زمانی از سال که خاک خشک می باشد. زمان این مرحله به طور معمول در تابستان و پاییز و در حد فاصل دو مرحله بالا واقع می شود.

بعد از توضیحات بالا، اولین گام جهت آماده سازی داده‌ها برای پهنه بندی اقلیمی محاسبه طول زمان یخبندان خاک، طول زمان اشباع خاک و طول زمان نرمال خاک می باشد.

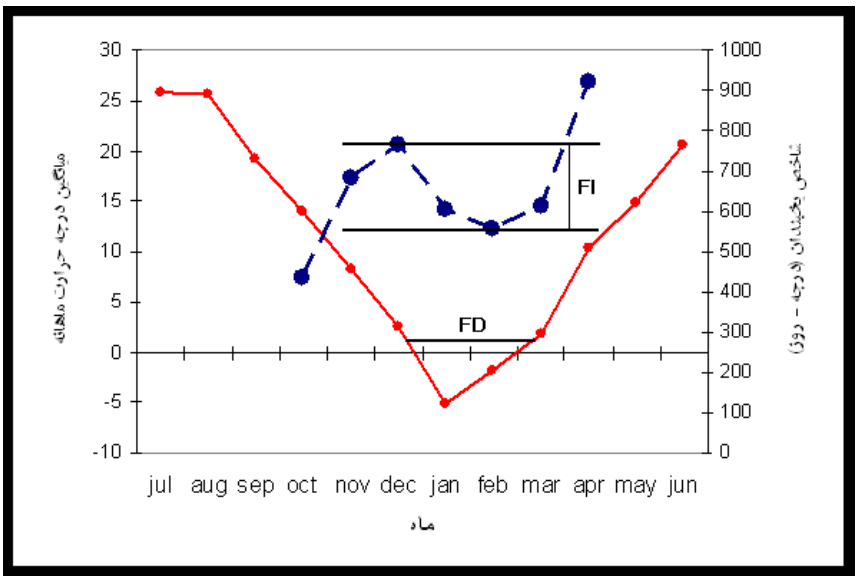
از آنجا که تعداد روزهای یخبندان خاک که به نوعی خاک یخزده می باشد، با تعداد روزهای یخبندان فرق کرده، بهترین و دقیق ترین روش نظری که در این مورد می توان از آن کمک گرفت، منحنی‌های تعیین ضریب یخبندان می باشد. این منحنی‌ها عبارت اند از منحنی روز- درجه در یک منطقه که از سردترین سال در یک دوره ۱۵ ساله گرفته می شود (سالی که بیشترین فراوانی تعداد روزهای یخبندان در کل دوره مورد مطالعه را داشته باشد). به طور مثال ۵ روز-درجه می تواند نشان دهنده ۵ روز متوالی با درجه حرارت متوسط ۱ درجه سانتی گراد در روز باشد (یا یک روز با درجه حرارت متوسط ۵ درجه سانتی گراد). شیب مثبت منحنی نشان دهنده روزهای با درجه حرارت بالای صفر و شیب منفی نشان دهنده روزهایی با درجه

www.SID.ir

Archive of SID

حرارت زیر صفر است. فاصله زمانی بین نقاط حداکثر و حداقل منحنی نشان دهنده طول فصل سرما می باشد.

برای رسم این منحنی که یک نمونه از آن برای ایستگاه سنندج در شکل شماره ۳ آورده شده است، از داده‌های میانگین درجه حرارت ماهانه استفاده می شود. به طوری که برای تعیین ضریب یخبندان (FI)، میانگین درجه حرارت هر ماه در تعداد روزهای همان ماه ضریب شده و از مجموع تجمعی ماه‌های مربوطه، منحنی ضریب یخبندان بر حسب روز- درجه نتیجه می شود. به طور مثال میانگین دمای ماه ژانویه (برای ایستگاه سنندج ۵- درجه سانتی گراد) را ضربدر تعداد روزهای آن ماه که ۳۱ روز است، می کنیم (۱۵۵- درجه-روز به دست می آید)، همین کار را برای ماه بعد که ماه فوریه است و ۲۸ روز دارد نیز انجام می دهیم، این کار برای هر ۱۲ ماه بایستی انجام شود و در نهایت اعداد به دست آمده برای هر ماه به صورت تجمعی با همدیگر جمع می شوند و سپس نمودار شماره ۳ تهیه می گردد. در نهایت بر اساس همین نمودار طول دوره یخبندان نیز حاصل می شود.



شکل شماره ۳- نمودار ضریب و طول فصل یخبندان برای ایستگاه سنندج

www.SID.ir

Archive of SID

اما برای تعیین مدت زمان خاک اشباع شده، با توجه به اینکه هیچ رابطه ریاضی و تجربی دقیقی در دست نبود، ابتدا برای چهار ماه اول سال یعنی سه ماه بهار و یک ماه اول فصل تابستان، نقشه‌های همچون دما، بارش و تبخیر تهیه گردید. سپس با در نظر گرفتن معیارهایی همچون پایان زمان آخرین یخبندان، وجود بارش‌های متناوب و تبخیر و تعرق پائین، مدت زمان اشباع خاک به طور تقریب به دست آمد.

برای محاسبه زمان نرمال خاک نیز ابتدا مدت زمان دو مرحله قبل یعنی طول زمان یخبندان و طول زمان اشباع خاک با یکدیگر جمع و سرانجام از کل زمان یک سال کسر گردیدند.

۳٦٥-(طول زمان یخبندان+طول زمان اشباع خاک)=طول زمان نرمال خاک

یکی دیگر از پارامترهای مهمی که در مدیریت روسازی بایستی بدان توجه نمود، عمق یخبندان در یک منطقه است. برای تعیین عمق یخبندان ابتدا بایستی ضریب یخبندان محاسبه گردد؛ که نحوه محاسبه آن در قسمت قبلی به طور کامل تشریح شده است. بعد از تعیین ضریب یخبندان از فرمول تجربی زیر برای تعیین عمق منطقه بهره گرفته شد.

$$Z = A\sqrt{FI}$$

Z = عمق یخبندان به سانتی متر

FI = ضریب یخبندان بر حسب روز- درجه

A = ضریب ثابتی است که بستگی به خصوصیات حرارتی مصالح داشته و برای مصالح شنی با نفوذپذیری خوب برابر ٤/٧ می باشد.

برای محاسبه میزان تبخیر و تعرق ایستگاه‌ها نیز از روش ترنت وایت بهره گرفته شد. این پارامتر عامل مؤثری در تعیین طول مدت شرایط سه گانه خاک بخصوص در شروع شرایط نرمال خاک دارد.

بعد از تهیه پارامترهای محاسباتی، دیگر پارامترهای مورد استفاده که از سازمان هواشناسی کشور دریافت شده بود، به تفکیک هر ایستگاه جدا و بانک اطلاعاتی داده‌ها تشکیل شد.

www.SID.ir

Archive of SID

عناوین داده‌های مورد استفاده در جدول شماره ۱ و نتایج هر کدام از محاسبات مربوط پارامترهای مورد نیاز نیز به تفکیک هر ایستگاه در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول شماره ۱- پارامترهای مورد استفاده جهت پهنه یندی اقلیمی شمال غرب ایران

میانگین درجه حرارت	میانگین حداکثر درجه حرارت در گرمترین ماه سال
میانگین درجه حرارت در سردترین ماه سال	اختلاف بین درجه حرارت حداکثر و حداقل سالیانه
میانگین بارش سالیانه	طول زمان یخبندان خاک
طول زمان اشباع خاک	طول زمان نرمال خاک
عمق یخبندان خاک	تبخیر و تعرق پتانسیل

بعد از فراهم نمودن داده‌ها، همگی آنها به نمره Z استاندارد تبدیل و سپس با استفاده از تحلیل خوشه ای ایستگاه‌ها خوشه بندی گردیدند. برای انجام این تحلیل از محیط نرم افزاری STATISTICA بهره گرفته شد.در این رابطه، جهت اندازه گیری فاصله بین مشاهدات، روش WARD'S انتخاب گردید. در این روش ابتدا میانگین متغیرها در داخل هر خوشه محاسبه می شود. سپس برای هر مشاهده، مربع فاصله اقلیدسی میانگین‌های خوشه‌ها محاسبه می گردد. این فاصله برای تمام مشاهدات جمع می شود. در هر مرحله دو خوشه ای ترکیب می شوند که کوچک‌ترین افزایش در مجموع فواصل داخل خوشه را داشته باشند. شکل شماره ۲ نتایج آماری و شکل شماره ۳ پهنه بندی اقلیمی را با استفاده از تحلیل خوشه ای نشان می دهد.

در نهایت بعد از پهنه بندی، منابع آب زیرزمینی دشت‌های واقع در محدوده مورد مطالعه نیز بررسی شد.

www.SID.ir

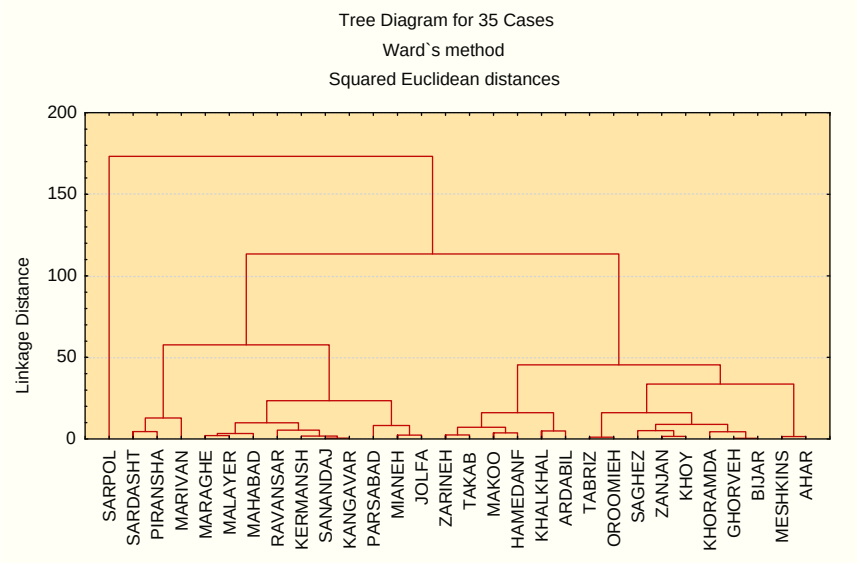
Archive of SID

جدول شماره ۲- نتایج محاسبه پارامترهای مورد استفاده در پهنه بندی به تفکیک ایستگاه

ردیف	نام ایستگاه	میانگین درجه حرارت	میانگین حداکثر درجه حرارت در گرمترین ماه سال	میانگین حداقل درجه حرارت در سردترین ماه سال	اختلاف بین درجه حرارت حداکثر و حداقل	میانگین بارش سالانه	طول زمان یخبندان خاک(روز)	طول زمان اشباع خاک(روز)	طول زمان ترمال خاک(روز)	عمق یخبندان (cm)	تبخیر و تعرق (mm)
۱	اهر	۱۰/۸	۲۸/۱	-۲/۸	۳۱/۹	۲۹۲/۱	۱۰۲	۸۰	۱۸۳	۸۵	۶۶۸/۵
۲	اردبیل	۹	۲۵	-۷/۹	۳۲/۹	۲۰۳/۹	۱۶۵	۷۵	۱۲۵	۱۲۳	۶۱۲/۹
۳	بیجار	۱۰/۹	۳۱/۲	-۶/۹	۳۸/۶	۳۴۴	۱۳۰	۷۲	۱۶۳	۱۰۴	۷۲۵/۹
٤	اسلام آباد غرب	۱۳/۶	۳۶/۵	-٤/۲	٤۰/۸	٤۸۳/۶	۱۲۲	۶۰	۱۲۸	۱۰۹	۱۳۰۰
۵	قروه	۱۱/٤	۳۲/٤	-۶/۸	۳۹/۲	۳۳۸/۹	۱۳۶	۸۰	۱۵۹	۱۰٤	۷۷۰/۶
۶	همدان	۱۱/۲	۳٤/۲	-۷/۹	٤۲/۱	۲۱۷/۷	۱٤۶	۷۵	۱٤٤	۱۲۸	۷۲۱/۱
۷	نوژه	۱۱	۳٤/٤	-۹/۱	٤۳/۵	۲۳۷/۷	۱۵٤	۷۷	۱۳٤	۱۲۱	۷۰٤
۸	چلقا	۱٤/۹	۳٤/۹	-۲/۸	۳۸/۷	۱۹۹	۱۱۵	۹۰	۱۶۰	۳۶	۹۱۲/۲
۹	کنگاور	۱۲/۸	۳۶/۱	-۵/۲	٤۱/٤	٤۰۰/۳	۱۲۰	۱۰۰	۱٤۵	۹۵	۷۸۷
۱۰	کرمانشاه	۱٤/۳	۳۴/۹	-۴/۶	٤۱/۵	٤٤۵/۱	۱۰۷	۹۸	۱۶۰	۹۶	۸۳۴/۵
۱۱	خلخال	۸	۲۶/۳	-۹/۲	۳۵/۵	۳۸٤/۶	۱۸۱	۸۵	۹۹	۹۶	۶۲۰
۱۲	خدابنده	۱۱/۲	۳۱/۲	-۶/۳	۳۸	۳۹۸	۱۲۲	۸۳	۱۶۰	۱۰۹	۷۲۹/۶
۱۳	خرمدره	۱۱/۹	۳۱/۶	-۵/۲	۳۶/۸	۳۰۱/۱	۱۳۱	۸۵	۱۵۹	۷۹	۷۷۲/٤
۱٤	خوی	۱۱/۹	۳۳/۶	-۶/۳	۳۸/۹	۲۹۳/۶	۱۳۶	۱۰۵	۱۲٤	۱۰۰	۷۷۰
۱۵	مهاباد	۱۲/۸	۳۳/۹	-۳/۸	۳۶/۷	٤۱۳/۱	۱۰۹	۱۱۰	۱٤۶	۱۰۹	۷۵۶
۱۶	ماکو	۱۰/۱٤	۲۹/۶	-۷/٤	۳۷	۲۹٤/۱۵	۱٤۱	۸۰	۱٤٤	۱۲۲	۶۸۶/۲
۱۷	ملایر	۱۳/۱	۳٤/۷	-٤/۱	۳۸/۸	۳۱۷	۱۰۵	۹۵	۱۶۵	۱۱۷	۷۷۷/۷
۱۸	مراغه	۱۳/۸	۳۳/۹	-۳/۷	۳۶/۶	۳۲۱/٤	۱۰۶	۸۵	۱۷٤	۱۰۰	۷۶۵
۱۹	مریوان	۱۲/۸	۳۵/٤	-٤/۶	٤۰	۹۹۱/۲	۱٤۵	۱۱۳	۱۰۵	۸۲	۸۱۰/۷
۲۰	هشتین شهر	۱۰/۷	۲۶/۸	-۳/۵	۳۰/۳	۲۸۳/۹	۱۱٤	۷۵	۱۳۶	۹۸	۶۵۱/۸
۲۱	میانه	۱۳/۷	۳۵/۱	-۵/۶	٤۰/۷	۲۸۲/۱	۱۰٤	۸۰	۱۸۱	۸۵	۸۶۲/۱
۲۲	بهاوند	۱۳/۸	۳٤/۹	-٤/۲	۳۹/۱	۳۳۱/۲	۱۰۲	۱۰۲	۱۶۰	۱۱۲	۷۷۸
۲۳	ارومیه	۱۱/۵	۳۱/۲	-۶/۱	۳۷/۳	۳٤۱/۱	۱۳۷	۱۱۷	۱۲۱	۹۰	۷۰٤/۵
۲٤	پارس آباد مغان	۱۵/۱	۳۳/۸	-۰/۶	۳٤/٤	۲۷۱/۲	۸٤	۸۰	۲۰۱	۷۵	۸۶۱
۲۵	پیرانشهر	۱۲	۳۲/٤	-۵/۲	۳۷/۷	۶۷۲/۷	۱۱۹	۹۵	۱۵۱	۸۳	۷۸۵/۱
۲۶	رواندز	۱٤/۸	۳۶/۵	-۲/۹	۳۹/٤	۵۲٤/۲	۹۶	۱۰۵	۱۶٤	۱۱۵	۸۷۸/۲
۲۷	سقز	۱۱/۱	۳٤/۳	-۸/۱	٤۲/٤	٤۹۹/٤	۱۵۸	۱۸۵	۱۲۲	۱۰۶	۷۰۳/٤
۲۸	سهند	۱۲/۳	۳۱/٤	-۲/۹	۳۵/۳	۲۰۲/۷	۱۳۱	۹۰	۱٤٤	۱۰۸	۷۵۲
۲۹	سنندج	۱۳/٤	۳۶/۸	-۵/٤	٤۲/۲	٤۵۸/٤	۱۱۸	۱۰۱	۱٤۶	۹۶	۸٤۰/۹
۳۰	سراب	۸/۶	٤۲/۲	-۱۰/٤	۵۲/۶	۲۵۳/۶	۱۸۱	۷۹	۱۰۵	۱۱۵	۶۲۲/٤
۳۱	سردشت	۱۲/۷	۲۹	-۳/۵	۳۲/۵	۸۶۶	۱۲۲	۹۰	۱۵۲	۸۰	۷۹۸/۵
۳۲	سرپل ذهاب	۱۹/۸	۳۱/۲	۲/۸	۲۸/٤	٤۵٤/۱	٤۰	٤۰	۲۸۰	۵۰	۱۳۰٤/۲
۳۳	تبریز	۱۲/۵	۳۲/۷	-۵/۷	۳۸/٤	۲۸۸/۹	۱۱۸	۱۲۳	۱۲٤	۹۵	۷۵۲/۵
۳٤	تکاب	۹/۲	۳۱/٤	-۸/۸	٤۰/۲	۳٤۸/٤	۱۵٤	۹۵	۱۱۳	۱۲۵	۶۷۱/۱
۳۵	زنجان	۱۱	۳۱/۹	-۷/۵	۳۹/٤	۲۱۳/۱	۱٤۲	۹۰	۱۳۲	۱۰۰	۷۱۱/۲
۳۶	زرینه اوغلو	۷/۹	۲۹/٤	-۹/۷	۳۹/۱	۳۹٤/۸	۱۶۵	۸۰	۱۲۰	۱۱٤	۶۱۹/۲

www.SID.ir

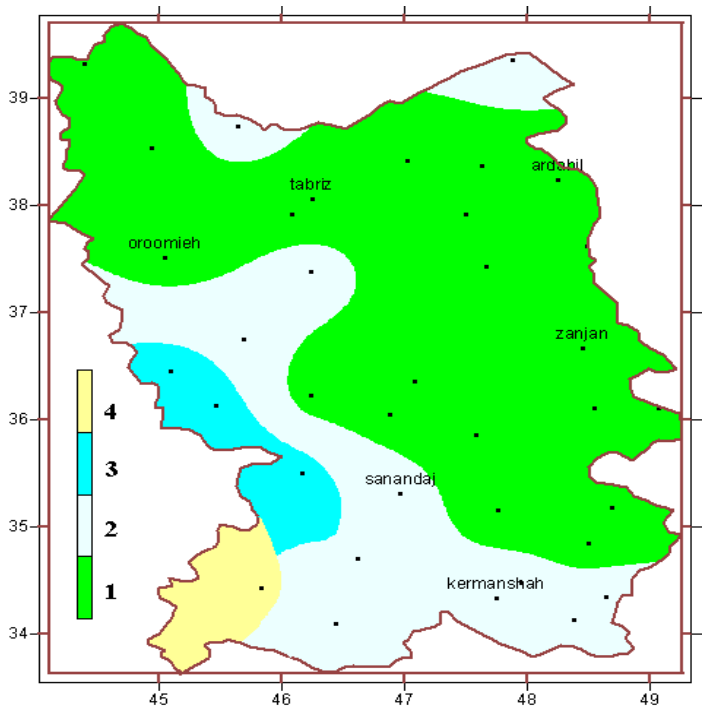
Archive of SID



شکل شماره ٤- نمودار خوشه‌ای حاصل از خوشه‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ۵- نقشه پهنه‌بندی اقلیمی شمال غرب ایران با رویکردی بر مدیریت روسازی راه در ایران

تجزیه و تحلیل

آب و هوا عبارت است از هوای غالبی که یک محل در دراز مدت کسب می کند. بر همین اساس شناخت هوا و در نهایت آب و هوا جزو موضوعات بسیار مهمی است که از زمان‌های بسیار دور مورد توجه انسان بوده و این نیاز طبعاً انگیزه‌هایی را برای طبقه بندی به وجود می آورد؛ چراکه کلیه پدیده‌های جهان در عین تنوع ظاهری از وحدتی درونی برخوردارند که جغرافیدانان در پی کشف این وحدت درونی هستند. در این تحقیق جهت مدیریت روسازی راه در غرب و شمال غرب ایران، ۱۰ پارامتر هواشناسی برای یک دوره ۱۵ ساله انتخاب و با استفاده از تحلیل خوشه ای اقدام به طبقه بندی ایستگاه‌ها گردید، سپس نتایج حاصل از این طبقه بندی به نقشه تبدیل گردیدند که نتیجه آن ایجاد ٤ پهنه اقلیمی بود (شکل ۵). همچنان که

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل ۵ مشاهده می شود، هر چهار پهنه اقلیمی که از آن به عنوان پهنه مدیریتی نام برده می شود با شماره‌های ۱ تا ٤ مشخص شده اند، به طوری که وسیع‌ترین پهنه، پهنه مدیریتی شماره ۱ است که قسمت وسیعی از شرق، مرکز و شمال منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته و کوچک‌ترین پهنه، پهنه مدیریتی شماره ٤ است که فقط قسمت کوچکی از جنوب غرب منطقه را شامل گردیده است. هر کدام از این پهنه‌ها قاعدتا دارای ویژگی‌های خاص به خود بوده که در زیر به ترتیب وسعت ویژگی‌های اقلیمی هر پهنه ارایه می شود.

پهنه مدیریتی ۱

- درجه حرارت متوسط سالیانه بین ۸ تا ۱۳ درجه سانتی گراد
- اختلاف درجه حرارت متوسط حداقل و حداکثر ماهیانه در طول سال بین ۳۰ تا ٤۰ درجه سانتی گراد
- مقدار بارندگی سالیانه بین ۲۸۰ تا ۵۰۰ میلی متر
- ۳۳ درصد بارندگی در زمستان، ۳۳ درصد در بهار و ۲۷ درصد در پاییز می بارد.
- طول دوره یخبندان دایمی، حداکثر مدت آن ۱٤۵ روز در دو فصل زمستان و پائیز
- ضریب یخبندان حداکثر ۵۲۰ درجه- روز
- عمق یخبندان اولیه حداکثر ۱۱۰ سانتی متر
- حداقل مقدار تبخیر و تعرق سالیانه ۷۱۰ میلی متر

پهنه مدیریتی ۲

- درجه حرارت متوسط سالیانه بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی گراد
- اختلاف درجه حرارت متوسط حداقل و حداکثر ماهیانه در طول سال بین ۳۰ تا ٤۲ درجه سانتی گراد
- مقدار بارندگی سالیانه بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی متر
- ٤۰ درصد بارندگی در زمستان، ۳۰ درصد نیز در بهار می بارد.
- طول دوره یخبندان دائمی، حداکثر مدت آن ۱۰۰ روز در فصل زمستان

www.SID.ir

Archive of SID

- ضریب یخبندان حداکثر ٤٩٠ درجه- روز
- عمق یخبندان اولیه حداکثر ۱۰۰ سانتی متر
- حداقل مقدار تبخیر و تعرق سالیانه ۸۲۰ میلی متر
- پهنه مدیریتی ۳
- درجه حرارت متوسط سالیانه بین ۱۲ تا ۱۳ درجه سانتی گراد
- اختلاف درجه حرارت متوسط حداقل و حداکثر ماهیانه در طول سال بین ۳۲ تا ٤٠ درجه سانتی گراد
- مقدار بارندگی سالیانه بین ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی متر
- ٤٥ درصد بارندگی در زمستان، ۳۵ درصد نیز در فصل پائیز می بارد.
- طول دوره یخبندان دائمی، حداکثر مدت آن ۱۲۰ روز در فصل زمستان
- ضریب یخبندان حداکثر ۳۱۰ درجه- روز
- عمق یخبندان اولیه حداکثر ۸۰ سانتی متر
- حداقل مقدار تبخیر و تعرق سالیانه ۸۰۰ میلی متر
- پهنه مدیریتی ٤
- درجه حرارت متوسط سالیانه ۲۰ درجه سانتی گراد
- اختلاف درجه حرارت متوسط حداقل و حداکثر ماهیانه در طول سال ۲۸ درجه سانتی گراد
- مقدار بارندگی سالیانه کمتر از ۵۰۰ میلی متر
- ۵۰ درصد بارندگی در زمستان و ۳٦ درصد نیز در فصل پائیز می بارد.
- دوره‌های کوتاه ذوب و انجماد به مدت حداکثر یک ماه و نیم در فصل زمستان
- ضریب یخبندان برابر صفر در نظر گرفته می شود
- عمق یخبندان اولیه برابر صفر در نظر گرفته می شود
- حداقل مقدار تبخیر و تعرق سالیانه ۱۳۰۰ میلی متر

www.SID.ir

Archive of SID

دستورالعمل‌های خاص جهت مدیریت روسازی راه در مناطق چهارگانه غرب و شمال غرب ایران

بعد از پایان طرح پهنه بندی کشور و مشخص شدن شرایط آب و هوائی در هر یک از مناطق چهارگانه که هدف اصلی بود می توان با خاطری آسوده به مراحل چهارگانه طراحی، اجراء، نگهداری و بهره برداری پرداخت. در همین راستا دستورالعمل‌های خاص و جامعی برای هر یک از مناطق چهارگانه فوق در نظر گرفته شده که در زیر می آید. در اینجا این نکته را باید در نظر داشت که دستورالعمل‌های زیر فقط جنبه پیشنهادی و افزایش آگاهی‌های یک متخصص طراح، اجراء و نگهداری سازه روسازی را دارد و گرنه در یک منطقه خاص و مشخص باید به اطلاعات ریزتر توجه کرد.

دستورالعمل‌های پهنه مدیریتی ۱

۱. قیر مصرفی با توجه به درجه حرارت متوسط سالانه و محدوده حرارتی مشخص شده طرح شود.
۲. بارندگی و پراکندگی آن در طول سال نقش مهمی در مقدار رطوبت خاک ندارد.
۳. منطقه دارای یخبندان دایم می باشد که در اواخر پائیز شروع می شود و تا اوایل بهار ادامه دارد. به دلیل اینکه نزدیک به ٦٦ درصد بارندگی منطقه در دو فصل زمستان و بهار ریزش می کند، همزمان با شروع فصل گرما و آب شدن یخ‌ها، خاک منطقه دارای رطوبتی بیش از رطوبت نرمال خواهد بود که این امر باعث کاهش مقاومت خاک و فرسایش تدریجی روسازی می شود. علاوه بر این در فصل زمستان امکان یخ زدن رویه روسازی وجود دارد. عمق یخبندان منطقه نزدیک ۱۱۰ سانتی متر است و این نشانگر شدت سرمای منطقه و نفوذ آن به روسازی می باشد. بنابراین در روسازی راه باید مصالح با کیفیت خوب و توان زهکشی مناسب به کار برده شوند. شیب‌های عرضی و طولی دقیقا اجرا و شیب‌های طولی از محدودیت حداکثر شیب تبعیت کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

٤. در حدود ۸۰ درصد سطح منطقه خطر آب‌های زیرزمینی وجود ندارد و بنابراین تورم خاک در اثر تشکیل عدسی‌های یخی نیز نخواهیم داشت. اما در ۲۰ درصد سطح منطقه خطر آب‌های زیرزمینی و تورم خاک وجود دارد. بنابراین به خاطر جلوگیری از مشکلات فوق بایستی مساله فوق را در مراحل طراحی و اجرا کاملاً در نظر داشت و راه‌های مناسب و اقتصادی را بر علیه آن به کار گرفت. قرار دادن جسم راه بر روی خاکریز، استفاده از مصالح با کیفیت خوب و توان زهکشی مناسب و زهکشی طرفین جاده و یا اصلاح خاک بستر می تواند سرلوحه عملیات قرار گیرد (ادیبی، ۱۳۷۳: ۲۰۳).

دستورالعمل‌های پهنه مدیریتی ۲

۱. شرایط آب و هوائی این پهنه تقریبا مشابه با شرایط آب و هوائی پهنه مدیریتی شماره ۱ می باشد و بنابراین کلیه عملیات ذکر شده در پهنه شماره ۱ در این منطقه نیز ضروری است، مضاف بر اینکه شدت و طول فصل سرما در این پهنه کمتر از پهنه قبل بوده و عمق یخبندان در حدود ۱۰۰ سانتی متر می باشد. قیر مصرفی تابع درجه حرارت متوسط سالانه و محدوده حرارتی مشخص شده می باشد.

۲. در حدود ۲۵ درصد از سطح منطقه با خطر آب‌های زیرزمینی، تشکیل عدسی‌های یخی و تورم و تخریب روسازی روبرو است که برای جلوگیری از این امر ساختن راه بر روی خاکریز، استفاده از مصالح مناسب و با توان زهکشی خوب و غیر حساس نسبت به رطوبت، اصلاح خاک بستر و ایجاد زهکشی در طرفین جاده امکان پذیر می باشد.

۳. زمان مفید کاری عملا در فصل زمستان و نیمی از فصل پاییز وجود نداشته، اما در بقیه مدت سال شرایط خوبی دارد (ادیبی، ۱۳۷۳: ۲۰٤-۲۰۳).

دستورالعمل‌های پهنه مدیریتی ۳

۱. قیر مصرفی با توجه به درجه حرارت متوسط سالانه و محدوده حرارتی مشخص شده طرح شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. در این منطقه بارندگی زیاد و عامل بسیار مهم در افزایش رطوبت خاک در فصول پربارش می باشد. با توجه به اینکه قسمت عمده بارندگی در فصول زمستان و بهار می باشد و به دلیل آب شدن یخ‌ها در فصل بهار، رطوبت خاک تا اواخر بهار خود را حفظ کرده و باعث پائین آمدن مقاوت خاک در یک دوره طولانی می شود. بنابراین انتخاب مصالح غیر حساس و زهکشی مناسب مصالح و راه باید حتماً رعایت شود.

۳. به دلیل وجود دوره یخبندان شدید و دائم در زمستان، می‌بایستی اقدامات لازم برای جلوگیری از یخ زدن سطح رویه راه و افزایش ترک‌های سطحی و همچنین یخ زدن جسم راه انجام شود. با توجه به طول زمان یخبندان دائم، عمق انجماد منطقه ۸۰ سانتی متر در نظر گرفته می شود و این نشانگر آن است که در تعیین مصالح روسازی باید دقت و اطمینان کافی وجود داشته باشد.

٤. در حدود ۵ تا ۱۰ درصد سطح منطقه جزو مناطق بحرانی محسوب شده و این نشانگر آن است که علاوه بر اینکه تمام سطح منطقه بخاطر بیشتر از ٤۵ درصد بارندگی سالانه در زمستان و همچنین کاهش تبخیر و وجود سرمای زیر صفر درجه در فصل زمستان، امکان رشد عدسی‌های یخی و و تورم روسازی داشته، د مناطق بحرانی شدت تورم و متعاقب آن شدت تخریب و همچنین افزایش رطوبت خاک بعد از فصل یخبندان وجود داشته، بنابراین به خاطر جلوگیری از مشکلات فوق بایستی مساله فوق را در مراحل طراحی و اجراء کاملاً در نظر داشت و راه‌های مناسب و اقتصادی را بر علیه آن به کار گرفت. قرار دادن جسم راه بر روی خاکریز، استفاده از مصالح با کیفیت خوب و توان زهکشی مناسب و زهکشی طرفین جاده و یا اصلاح خاک بستر می تواند بر سرلوحه عملیات قرار گیرد.

۵. زمان مناسب کاری به غیر از زمستان در بقیه مدت سال وجود دارد (ادیبی، ۱۳۷۳: ۲۰۲-۲۰۱).

دستورالعمل‌های پهنه مدیریتی ٤

۱. قیر مصرفی با توجه به درجه حرارت متوسط سالانه و محدوده حرارتی مشخص شده طرح شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۲. بارندگی و پراکندگی آن در طول سال هیچ تاثیری بر رطوبت خاک نداشته زیرا فقط ۵۰ تا ٦۰ درصد بارندگی در فصل زمستان صورت گرفته و بقیه بارش در فصول خشک صورت گرفته که به سرعت تبخیر می شود.

۳. به دلیل وجود دوره‌های کوتاه انجماد و ذوب شیب عرضی و طولی راه باید به دقت اجرا شوند تا از جمع شدن آب بر روی روسازی و انجماد آن جلوگیری شود. عمق یخبندان منطقه را با توجه به طول مدت دوره انجماد ۱۵ سانتی متر در نظر گرفت. مصالح انتخاب شده برای روسازی بایستی دوام کافی در مقابل عمل انجماد و ذوب همراه با بارگزاری داشته باشند.

٤. خطر آب‌های زیر زمینی در کل منطقه منتفی است.

۵. کل مدت سال به جز ایامی از فصل زمستان زمان مفید کاری به شمار می روند (ادیبی، ۱۳۷۳: ۲۰۰-۱۹۹).

نتیجه‌گیری

عوامل گوناگونی چه به صورت انفرادی و چه به صورت ترکیبی بر روی کیفیت روسازی راه‌ها اثرگذار هستند. یکی از این عوامل که به طور مستقیم در طراحی روسازی راه‌ها و به طور غیر مستقیم در نگهداری و بهره برداری آنها مؤثر بوده است، شرایط محیطی و اقلیمی یک منطقه در طول سال می باشد. لذا جهت مدیریت روسازی راه در غرب و شمال غرب ایران، ۱۰ پارامتر هواشناسی را که می توانند بیشترین تاثیر را بر روی کیفیت روسازی راه داشته باشند، برای یک دوره ۱۵ ساله برای ۳۸ ایستگاه انتخاب و با استفاده از تحلیل خوشه ای اقدام به طبقه بندی آنها گردید، در ادامه نتایج حاصل از این طبقه بندی به نقشه تبدیل شدند که نتیجه آن ایجاد ٤ پهنه اقلیمی بود که با اسامی پهنه‌های مدیریتی ۱، ۲، ۳ و ٤ نام گذاری گردیدند. وسیع ترین پهنه، پهنه مدیریتی شماره ۱ است که قسمت وسیعی از شرق، مرکز و شمال منطقه مورد مطالعه را در برگرفته و کوچک‌ترین پهنه، پهنه مدیریتی شماره ٤ است که فقط شامل قسمت کوچکی از جنوب غرب منطقه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

بارندگی و پراکندگی آن در طول سال در پهنه‌های مدیریتی شماره ۱، ۲ و ٤ نقش مهمی در مقدار رطوبت خاک ندارند. چونکه بیشتر بارندگی این پهنه‌ها در فصل زمستان صورت گرفته و بقیه بارش‌ها نیز در فصل خشک صورت می گیرد که به سرعت تبخیر می شوند. اما در پهنه مدیریتی شماره ۳ به علت بارندگی زیاد، رطوبت خاک در اواخر بهار خود را حفظ کرده و بنابراین باعث پایین آمدن مقاومت خاک در یک دوره طولانی می شود.

عمق یخبندان نیز به ترتیب برای پهنه‌های شماره ۱، ۲، ۳ و ٤ برابر با ۱۱۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۱۵ سانتی متر است، بنابراین احتمال تشکیل عدسی‌های یخی در پهنه‌های شماره ۱، ۲ و ۳ بسیار بالا بوده و در طراحی بایستی به آن توجه لازم شود.

در اینجا این نکته را هم باید در نظر داشت که دستورالعمل‌های ارائه شده برای هر پهنه فقط جنبه پیشنهادی و افزایش آگاهی‌های یک متخصص طراح، اجرا و نگهداری سازه روسازی را دارد و گرنه در یک منطقه به خصوص و مشخص باید به اطلاعات ریزتری نیز توجه کرد.

در نهایت پیشنهاد می گردد، با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور برای هر کدام از پارامترهای تاثیر گذار بر روی کیفیت روسازی راه، لایه‌های مختلف آن تهیه و با ترکیب آنها بر اساس وزنی که به هر لایه داده می شود، نقشه‌های پهنه بندی دقیق تری به تفکیک برای هر استان تهیه گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. ادیبی، ه، (۱۳۷۳)، «پهنه بندی ایران از نقطه نظر عوامل مؤثر آب و هوایی بر روسازی راه»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت.

۲. اشرفی زاده، س، (۱۳۷۵)، «سیستم‌های مدیریت راه‌ها برای ایران»، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- حمل و نقل، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت.

۳. باقدم، ع، فرج زاده اصل، م و شایان، س، (۱۳۸٤)، «ارزیابی ایمنی جاده ای با رویکرد مخاطرات محیطی: مسیر سنندج- مریوان با استفاده از GIS»، ***فصلنامه مدرس علوم انسانی***، دوره نهم، شماره پیاپی ۳۸، بهار، صص: ۱۷-۱.

٤. تکل، ای. اس، (۱۹۹۰) «وقوع و پیش بینی یخبندان بر روی جاده‌ها و پل‌ها با استفاده از یک سیستم خبره کامپیوتری»، ترجمه: پیمان محمودی، بولتن علمی پژوهشکده اقلیم شناسی (ضمیمه نشریه ***نیوار***)، جلد چهارم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۳، صفحات ۱۱ تا ۲۳.

۵. حبیبی نوخندان، م، (۱۳۷۸)، «***مطالعه‌ی پدیده‌های اقلیمی مؤثر بر تردد و تصادفات جاده‌های کوهستانی و ارائه راهکارهای اجرائی مؤثر(مطالعه موردی جاده هراز)***»، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، استاد راهنما، بهلول علیجانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

٦. حبیبی نوخندان، م، (۱۳۸۳)، «***آب و هوا و ایمنی جاده‌های کوهستانی ایران (مطالعه موردی جاده‌های هراز و فیروزکوه)***»، رساله دکتری جغرافیای طبیعی- اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

۷. کاووسی، ا و طباطبائی، ن، (۱۳۷۲)، «***مدیریت و نگهداری راه‌های روستائی در ایران***»، معاونت عمران و صنایع روستائی وزارت جهاد سازندگی.

۸. کرمی، ش و فرج زاده اصل، م، (۱۳۸٤)، «تحلیل درباره تصادفات جاده ای و رویکرد اقلیمی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی: جاده فیروزکوه- ساری». ***فصلنامه مدرس علوم انسانی***، دوره نهم، شماره پیاپی ۳۸، بهار، صص: ۱٦۷-۱۵۱.

www.SID.ir

Archive of SID

۹. کمالی، غ و حبیبی نوخندان، م، (۱۳۸٤)، «بررسی توزیع مکانی و زمانی یخبندان در ایران و نقش آن در حمل و نقل جاده ای»، ***پژوهشنامه حمل و نقل***، سال دوم، شماره دو، تابستان، صص: ۱۳۵-۱۲۷.

۱۰. گوستاوسن، ت. و ج. بوگرن (۲۰۰۲)، «اندازه گیری متغیرهای اقلیم شناسی جاده ای». ترجمه: پیمان محمودی، بولتن علمی پژوهشکده اقلیم شناسی (ضمیمه نشریه ***نیوار***)، جلد ششم، شماره اول و دوم، بهار و تابستان ۱۳۸۵، صفحات ۲٦ تا ۳۰.

۱۱. محمدی، ح و محمودی، ح، (۱۳۸٤)، «بررسی یخبندان و لغزندگی در سطح جاده سنندج- همدان با استفاده از ماتریس وضعیت‌های اقلیمی»، ***فصلنامه جغرافیایی سرزمین***، سال دوم، شماره ۸، زمستان ۸٤ .

۱۲. محمدی، ح و محمودی، پ، (۱۳۸۵)، «تاثیر پدیده‌های اقلیمی بر تردد و تصادفات در جاده سنندج- همدان»، ***مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای***، شماره ششم، بهار و تابستان، صص۱۵٤-۱۲۹.

13. Ashtoo. (2001), "***Guide for design of pavement structures***", Washington. D. C.

14. Bogren, J., and Gustavsson, T., (2006), "A weather model for variable speed limit", 13th International Road Weather Conference. 25-27 March, Turin, Italy.

15. Bouilloud, L., and Martin, E., (2006), "A coupled model to simulate snow behavior on roads", ***Journal of Applied Meteorology and Climatology***, Vol. 45, pp 500-516.

16. Carson, J., and Mannering. F., (2001), "The effect of the ice warning sings on ice accident frequency and severity," ***Accident Analysis and Prevention***, No. 33, pp 89-100.

17. Crevier, L. P., and Y. Delage., (2001), "METRO: A new model for road-condition forecasting in Canada", ***Journal of Applied Meteorology***, Vol. 40, pp 2026-2037.

www.SID.ir

Archive of SID

18. Edwards, J. B., (1996), "Weather-related road accident in England and Wales: A spatial analysis", ***Journal of Transport Geography***, Vol. 4, pp 201-212.
19. Edwards, J. B., (1998), "The relationship between roads accident severity and recorded weather", ***Journal of Safety Research***, Vol. 29, No. 4, pp 249-262.
20. Gustavsson, T., M. Karlsson., J. Bogren., and S. Landqvist., (1998), "Development of temperature patterns during clear nights", ***Journal of Applied Meteorology***, Vol. 37, pp 559-571.
21. Karlson, Maria. (2001), "Prediction of Hoar-Frost by Use of a Road Weather Information", ***Journal of Meteorological Applications***, Vol. 8, pp 95- 105.
22. Lahtinen, E., and J. Kantonen., (2004), "Finnish road weather camera system", 12th International Road Weather Con***ference***, 16-18 June, Bingen, Germany, pp 1-6.
23. Lindqvist, S., (1992), "Local climatological modeling for road stretches and urban areas", ***Geografiska Annaler***, Series A, Physical Geography, Vol. 74, No. 2/3, pp 265-274.
24. Miaou, S. P., and Lunh. (1995), "Modeling vehicle accident and environmental factors on road accident frequency", ***Accident Analysis and Prevention***", Vol. 27, No. 3, pp 371-389.
25. Yamagiwa, Y., M. Matsuzawa., and Y. Kajiya., (2006), "Development of a Maintenance Decision Support System and Usefulness of Snowstorm Information in that system", 13th International Road Weather Conference, 25-27 March, Turin, Italy, pp 195- 202.
26. Sass, H. Bent. (1997), "A Numerical Forecasting System for the Prediction of Slippery Roads", ***Journal of Applied Meteorology***, American Meteorological Society, June, Volume 36, pp 801 - 817.

www.SID.ir

Archive of SID

27. Yamamoto, A., (2002), "Climatology of the traffic accident in Japan on the expressway with dense fog and a case study", 11th International Road Weather Conference, Sapporo, Japan.
63.

www.SID.ir