

پهنه‌بندی تعیین قیر مناسب براساس شاخص عملکردی در ایران

حامدروح الامینی*، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
بهروز قبادی پور، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
محمدرضا سلیمانی کرمانی، استادیار، پژوهشکده حمل و نقل، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
مصطفی وامق، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: H.rooholamini@modares.ac.ir

دریافت: ۹۶/۱۱/۲۵ - پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۰

صفحه ۶۵-۷۵

چکیده

سیستم رایج نام گذاری قیر در ایران براساس درجه نفوذ قیر است در حالی که برخلاف این دسته بندی قیر، مشخصات قیر به روش روسازی ممتاز به طور نظری و مستقیم براساس عملکردی بنا شده است و امروزه به عنوان یک سیستم رایج در اکثر کشورهای توسعه یافته مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق سعی شده با استفاده از اطلاعات به دست آمده از ۹۶ ایستگاه هواشناسی کشور که داده‌های ۲۰ سال اخیر را جمع‌آوری کرده‌اند، یک بررسی از وضعیت قیرهای مورد نیاز در کشور به روش روسازی ممتاز صورت پذیرد. بدین منظور دمای حداقل در سطح روسازی و دمای حداکثر در عمق ۲۰ میلی متر روسازی با ضریب اطمینان ۹۸٪ محاسبه گردید. با استفاده از این دو پارامتر PGXXYY برای هر ایستگاه تعیین و پهنه بندی جغرافیائی در کل با استفاده از این دو پارامتر، شاخص PGXXYY برای هر یک از ایستگاه‌های یاد شده تعیین و نقشه پهنه‌بندی جغرافیائی نظیر آن در کل کشور را با استفاده از نرم افزار GIS تهیه شد. در انتها در هر نقطه از راه‌های اصلی کشور این شاخص مشخص گردید. نتایج حاکی از آن است که قیرهای تولیدی کشور (به لحاظ شرایط آب و هوائی) در حدود ۹۰ درصد از کل نتایج ایستگاه‌های بدست آمده را پوشش می دهند که برای ۱۰ درصد باقی مانده، قیر پلیمری می تواند جایگزین مناسبی باشد.

واژه‌های کلیدی: قیر، شاخص عملکردی (PG)، آزمایشات شارپ، پهنه بندی جغرافیایی

۱-مقدمه

درجه نفوذ پائین داشته باشد قیر سخت نامیده شده و در شرایط آب و هوائی گرم به کار برده می‌شود. این روش تا سال‌ها برای مشخص کردن خواص فیزیکی قیر مورد استفاده قرار گرفت تا اینکه در سال ۱۹۸۷ میلادی در آمریکا پروژه ای به نام شارپ (برنامه تحقیقات استراتژیک بزرگراه های آمریکا) تعریف شد که هدف آن ایجاد روش جدیدی برای درجه بندی قیر و پیش‌بینی عملکرد آن در رویه‌ی آسفالتی بر مبنای علمی بود، هدف نهائی این تحقیقات بر روی قیر، محدود کردن خرابی‌های

طبقه‌بندی قیرها بر اساس خواص فیزیکی قیر و به منظور تعیین مشخصات آنها صورت می‌گیرد. موسسه آشتو در سال ۱۹۳۱ معیاری برای درجه بندی قیر براساس درجه نفوذ ارائه کرد که برای مشخص کردن قوام و پایداری قیرهای نیمه جامد بکار برده شد. قیرهای موجود در کشور، بر اساس نتایج آزمون‌های درجه نفوذ و نقطه نرمی دسته‌بندی می‌شوند. در این درجه بندی قیرهایی که درجه نفوذ بالائی داشته باشند، قیر نرم نامیده شده و در مناطق سردسیر به کار می‌روند و برعکس، قیری که

این نوع درجه بندی و درجه بندی رایج قیر صورت گرفته است. قیرهای دسته بندی شده براساس عملکرد، بسته به نوع شرایط جوی و دمایی که شاید در آن به کار برده شوند، انتخاب می شوند. اختلاف بین درجات مختلف قیر در دماهای حداقل و حداکثر، شرایط لازم به منظور عملکرد مناسب قیر در شرایط آب و هوایی موجود را فراهم می کند. در این سیستم درجه بندی خواص فیزیکی مورد نیاز برای تمام درجه های عملکردی ثابت می ماند ولی دمایی که این خواص باید در آن دما بدست آیند، متناسب با شرایط جوی که قیر باید در آن استفاده شود، تغییر می کند. به عبارت دیگر از ویژگی های این سیستم آن است که معیار سنجش ثابت مانده و تنها دمای اندازه گیری آن تغییر می کند [Cominsky et al, 1994].

عمده ی رویه های آسفالتی یعنی تغییر شکل دائمی، ترک ناشی از خستگی و ترک ناشی از دمای پائین بود [نادری، ۱۳۷۹]. پس از پنج سال تحقیقات گسترده، نتایج حاکی از این بود که این روش جدید بازتاب بهتری از خواص مهندسی قیر نسبت به سایر روش ها منعکس می کند. این درجه بندی جدید با نام درجه بندی براساس عملکرد (PG) مبتنی بر رفتار کامل قیر و شناخت دقیق از خصوصیات عملکردی آن است. خروجی این تحقیقات تحت عنوان نام روسازی ممتاز منتشر گردید و به تدریج کشور کانادا و موسسات حمل و نقل به دلیل مزایای فنی و اقتصادی آن، تمایل به استفاده از این روش پیدا کردند [یوسفی، ۱۳۸۳]. درجه بندی عملکردی (PG) براساس خواص قیر در شرایط بکار رفته ی واقعی از جمله شرایط آب و هوایی و پیرشدگی (Aging) می باشد که در جدول ۱ مقایسه ای میان

جدول ۱. ویژگی های درجه بندی عملکردی و کلاسیک قیر [نادری، ۱۳۷۹]

درجه بندی براساس نفوذپذیری و ویسکوزیته	درجه بندی عملکردی (PG)
آزمایشات نفوذ و شکل پذیری تجربی بوده و مستقیماً به عملکرد قیر مربوط نمی شود.	خواص فیزیکی از طریق اصول مهندسی مستقیماً به عملکرد قیر مربوط می شود.
آزمایشات در یک دمای استاندارد، بدون توجه به شرایطی که آسفالت در آن بکار رفته است، انجام می شود.	معیار آزمایش ثابت بوده ولی دمای آزمایش با توجه به شرایط آزمایش تغییر می کند
آزمایشات پیرشدگی فقط در کوتاه مدت انجام می شود، در صورتی که پیرشدگی در طولانی مدت در ترک ناشی از خستگی و ترک دمای پائین بسیار قابل توجه است.	پیرشدگی برای سه حالت بحرانی شبیه سازی و آزمایش می شود: ۱- پیرشدگی قیر قبل از اختلاط با مصالح ۲- پیرشدگی بعد از اختلاط و اجرا ۳- پیرشدگی قیر در طولانی مدت
قیرهای با یک درجه بندی دارای تفاوت های قابل توجهی در مشخصات می باشد.	درجه بندی بسیار دقیق بوده و کمترین همپوشانی بین مشخصات قیرهای با درجه بندی متفاوت وجود دارد.
این سیستم های درجه بندی برای قیر های اصلاح نشده مناسب می باشد.	این سیستم درجه بندی برای قیرهای اصلاح شده و اصلاح نشده مناسب است.

۲- روند تعیین شاخص عملکردی

با استفاده از نتایج آزمایشات شارپ درجه عملکردی قیر تعیین می شود. درجه عملکردی قیر (PG) دارای دو عدد است، که به صورت زیر مشخص می شود (یوسفی، ۱۳۸۳).

PG XX YY

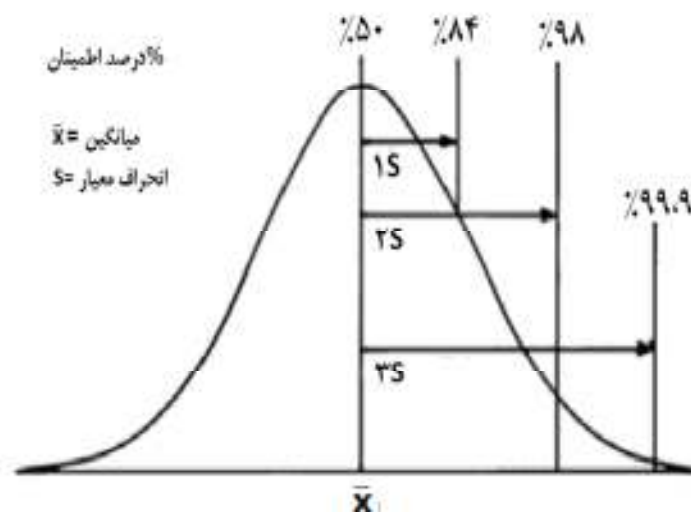
XX حداکثر میزان دما و YY حداقل دما بر حسب درجه سانتی گراد است که در این دماها قیر آزمایش شده توسط استاندارد شارپ می تواند عملکرد مطلوب خود را در این دماها حفظ کند. برای تعیین حداکثر دمای هر منطقه، مطابق با داده های ایستگاه های هواشناسی (که حداقل آمار ۲۰ ساله دارند) حداکثر دما در هر روز از سال مشخص شده و بر مبنای این دما هفت گرمترین روز متوالی در هر سال تعیین و میانگین حداکثر دمای این هفت روز محاسبه می شود. این روند برای همه سالها (حداقل ۲۰ سال) تکرار شده، سپس میانگین و انحراف معیار تعیین می شود. برای تعیین حداقل دمای هر منطقه اضافه دمای هر منطقه حداقل دمای سردترین روز هر سال مشخص شده و سپس میانگین و انحراف معیار کمترین دمای آنها در سال های مختلف تعیین می شود [Epps, 2001].

روسازی ممتاز به طراحان اجازه تعیین درجه ریسک در دمای بالا و پائین پوشش را با استفاده از قیرهای مختلف می دهد. به طوری که طبق تعریف، درصد اطمینان بالاتر به معنای ریسک کمتر است. با توجه به بررسی های انجام شده بر روی قیر، نشان داده شده است که درصد اطمینان ۵۰٪، عملکرد قیر را بصورت مطلوب مشخص نمی کند [نادری، ۱۳۷۹].

میانگین بدست آمده از دمای حداکثر هفت روز متوالی گرم سال و کمترین دمای سال برای رسیدن به درصد اطمینان ۹۸٪ از انحراف معیار (σ)، مطابق با روابط (۱) و (۲) بدست می آید [Huber, 1993].

$$T_{\max(98\%)} = T_{\max(50\%)} + 2\sigma_{\text{HighTemp}} \quad (1)$$

$$T_{\min(98\%)} = T_{\min(50\%)} - 2\sigma_{\text{LowTemp}} \quad (2)$$



شکل ۱. توزیع نرمال و اثر درصد اطمینان بر آن

خورشید (۰.۹)، انتقال تشعشع از طریق هوا (۰.۸۱)، تشعشعات جوی (۰.۷۰) و سرعت باد (۴.۵ متر بر ثانیه) مقدار دمای بالای طراحی سطح لایه آسفالتی، از رابطه (۳) محاسبه می‌شود [Huber.1993].

در لایه آسفالتی، روسازی ممتاز برای دمای بالای طراحی جاده در عمق ۲۰ میلی متر سطح روسازی و دمای پایین طراحی جاده در سطح آن بر حسب درجه سانتی گراد تعریف می‌شود. با استفاده از تحلیل شرایط عملی اجرا شده با مدل‌های انتقال حرارت کل و موازنه انرژی و با فرض مقادیر نوعی جذب نور

$$T_{20mm} = (T_{air} - 0.00618Lat^2 + 0.2298 Lat + 42.2)(0.9545) - 17.78 \quad (۳)$$

که در این رابطه:

معادل استاندارد (۸۰ کیلونیوتن) از ۱۰ میلیون تجاوز نماید، طراح باید انتخاب قیر را با یک درجه افزایش در دمای بالای PG مورد بررسی و مطالعه قرار دهد و در شرایطی که این عدد به ۳۰ میلیون افزایش یابد، دمای بالای PG قیر باید یک درجه افزایش پیدا کند، مثلاً بجای قیر ۱۶-۶۴ PG، از قیر ۱۶-۷۰ PG استفاده می‌شود.

T_{20mm} = حداکثر دمای طرح روسازی در عمق ۲۰ میلی متری از سطح راه بر حسب درجه سانتی گراد؛
 T_{air} = میانگین حداکثر دما هفت روز متوالی بر حسب درجه سانتی گراد؛
 Lat = عرض جغرافیایی محل پروژه بر حسب درجه؛

بر مبنای تحقیقات شارپ قیر مصرفی با این شرایط تعیین می‌شود که مخلوط آسفالتی، تحت بارگذاری سریع است. در شرایط بارگذاری کند و بدلیل عبور از سربالائی‌ها، ایستگاه‌ها و تقاطع‌ها نیز دمای بالای PG قیر باید یک درجه افزایش پیدا کند، البته در مواردی که سرعت بارگذاری خیلی کند باشد، انتخاب قیر حتی با دو درجه افزایش در دمای بالای PG نیز توصیه می‌گردد.

دمای پایین طراحی، پوشش در سطح جاده تعریف شده و به صورت تابعی از میانگین پائین ترین دمای هوا بوده و با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$T_{sur} = -1.7 + 0.859 T_{air} \quad (۴)$$

T_{sur} = حداقل دمای روسازی در سطح راه بر حسب درجه سانتیگراد

مثلاً بجای قیر ۱۶-۶۴ PG، از قیر ۱۶-۸۲ PG استفاده می‌شود [Harman, 2002]. با توجه به اینکه سیستم درجه بندی قیر در ایران براساس درجه نفوذ است و تنها سه نوع قیر در ایران تولید می‌شود (کارشناسان ارشد شرکت نفت پاسارگارد، ۱۳۹۰).

T_{air} = حداقل دمای هوا بر حسب درجه سانتی گراد
 شرایط ترافیکی نیز در انتخاب نوع قیر نقش اساسی دارد. در روش شارپ وقتی میزان ترافیک بر حسب تعداد محورهای

می‌توان با استفاده از جدول ۲ نوع قیر به روش شارپ را مشخص نمود.

جدول ۲. سیستم درجه بندی عملکردی (PG) قیر براساس دمای حداکثر و حداقل روسازی

شاخص عملکردی	PG ۴۴			PG ۵۲						PG ۵۸						PG ۶۴ →			
	-۳۴	-۴۰	-۴۶	-۱۰	-۱۶	-۲۲	-۲۸	-۳۴	-۴۰	-۴۶	-۱۶	-۲۲	-۲۸	-۳۴	-۴۰	-۱۰	-۱۶	-۲۲	-۲۸
میانگین دمای حداکثر ۷ روزه طرح روسازی	< ۴۶			< ۵۲						< ۵۸						< ۶۴			
میانگین دمای حداقل طرح روسازی	> ۳۴	> ۴۰	> ۴۶	> ۱۰	> ۱۶	> ۲۲	> ۲۸	> ۳۴	> ۴۰	> ۴۶	> ۱۶	> ۲۲	> ۲۸	> ۳۴	> ۴۰	> ۱۰	> ۱۶	> ۲۲	> ۲۸
شاخص عملکردی	→ PG ۶۴			PG ۷۰						PG ۷۶						PG ۸۲			
	-۳۴	-۴۰	-۱۰	-۱۶	-۲۲	-۲۸	-۳۴	-۴۰	-۱۰	-۱۶	-۲۲	-۲۸	-۳۴	-۱۰	-۱۶	-۲۲	-۲۸	-۳۴	
میانگین دمای حداکثر ۷ روزه طرح روسازی	< ۶۴			< ۷۰						< ۷۶						< ۸۲			
میانگین دمای حداقل طرح روسازی	> ۳۴	> ۴۰	> ۱۰	> ۱۶	> ۲۲	> ۲۸	> ۳۴	> ۴۰	> ۱۰	> ۱۶	> ۲۲	> ۲۸	> ۳۴	> ۱۰	> ۱۶	> ۲۲	> ۲۸	> ۳۴	

جدول ۳. طبقه بندی عملکردی قیرهای تولید کشور (شرکت نفت پاسارگارد، ۱۳۹۰)

مطابقت با طبقه بندی عملکردی	قیرهای تولیدی پالایشگاه های کشور (براساس طبقه بندی درجه نفوذ)
PG 58-16 PG 58-22	۸۵-۱۰۰
PG 64-10 PG 64-16 PG 64-22 PG 58-16 PG 58-22	۶۰-۷۰
PG 70-10	۴۰-۵۰

پیر شده با توجه به درصد مصالح بازیافتی بکار رفته، درجه بندی دمای بالا افزایش کارایی دمای پائین کاهش می یابد که با استفاده از محاسبات مهندسی معکوس می توان درجه بندی قیر مخلوط را محاسبه نمود. بطور مثال استفاده از ۵۰ درصد مصالح بازیافتی با استفاده از قیری با PG52-34 درجه بندی آن را به PG64-22 تغییر می دهد [Hajj et al, 2011].

۳- روش تحقیق

مراحل انجام این تحقیق به شرح پیوست است.

همانطور که در جدول بالا مشاهده می شود قیرهای تولید شده در کشور تمامی محدوده های دمایی را پوشش نمی دهد، امروزه گسترش علم تکنولوژی آسفالت و استفاده از افزودنی های متفاوت، باعث گردیده است که بتوان مشخصات قیر تولیدی پالایشگاه را بهبود بخشید بطوری که توانائی بهبود عملکرد قیر در دماهای بالا و پائین وجود دارند.

به طور مثال افزودن ۴ و ۶ درصد SBS به قیر ۶۰-۷۰ می تواند به ترتیب پارامتر حداکثر دمای PG را به ۷۰ و ۷۶ ارتقا بخشد [شهابی، مقدس نژاد و کاظمی فرد، ۱۳۹۰]. در استفاده از تکنولوژی آسفالت بازیافتی نیز بدلیل استفاده از قیر

با توجه به اینکه فرمت داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک کشور حاوی اطلاعات گوناگونی از جمله وزش باد، دما، درصد رطوبت، فشار هوا، شدت تابش خورشید و... می‌باشد ضرورت استخراج داده‌های دما از میان انبوه داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی به کمک رایانه ضروری به نظر می‌رسید. بنابراین در این پژوهش داده‌های دمای هر روز به کمک نرم افزار Matlab استخراج گردید و حداکثر دمای هفت روز پیاپی و حداقل دما برای هر سال محاسبه و به دمای سطح و عمق ۲۰ میلی‌متری روسازی (مطابق با رابطه ۳، ۴) ارائه شده به منظور تعیین PG تبدیل گردید و در ادامه با استفاده از جدول ۲ شاخص عملکردی هر شهر تعیین گردید.

- تهیه داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی کشور (سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۸۹)
- استخراج اطلاعات مربوط به حداقل و حداکثر دمای روزانه از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی
- تبدیل دمای حداکثر و حداقل هوای ایستگاه‌های مورد نظر به دمای حداکثر و حداقل روسازی
- مشخص کردن شاخص عملکردی به تفکیک ایستگاه‌های هواشناسی و بر مبنای شاخص عملکردی
- پهنه‌بندی جغرافیائی شاخص عملکردی با استفاده از نرم افزار GIS
- تطبیق پهنه بندی انجام شده بر شبکه راه‌های اصلی کشور
- بررسی نتایج بدست آمده با انواع قیرهای تولید داخل کشور

۴- نتایج

(شکل ۲ و ۳). از ترکیب اطلاعات این دو نقشه، نقشه پهنه‌بندی PG کشور تهیه شده. با توجه به مکانمند بودن این اطلاعات و استفاده از نقشه راه‌های اصلی کشور، در هر نقطه از این راه‌ها، PG نظیر آن را استخراج شده است (شکل ۴).

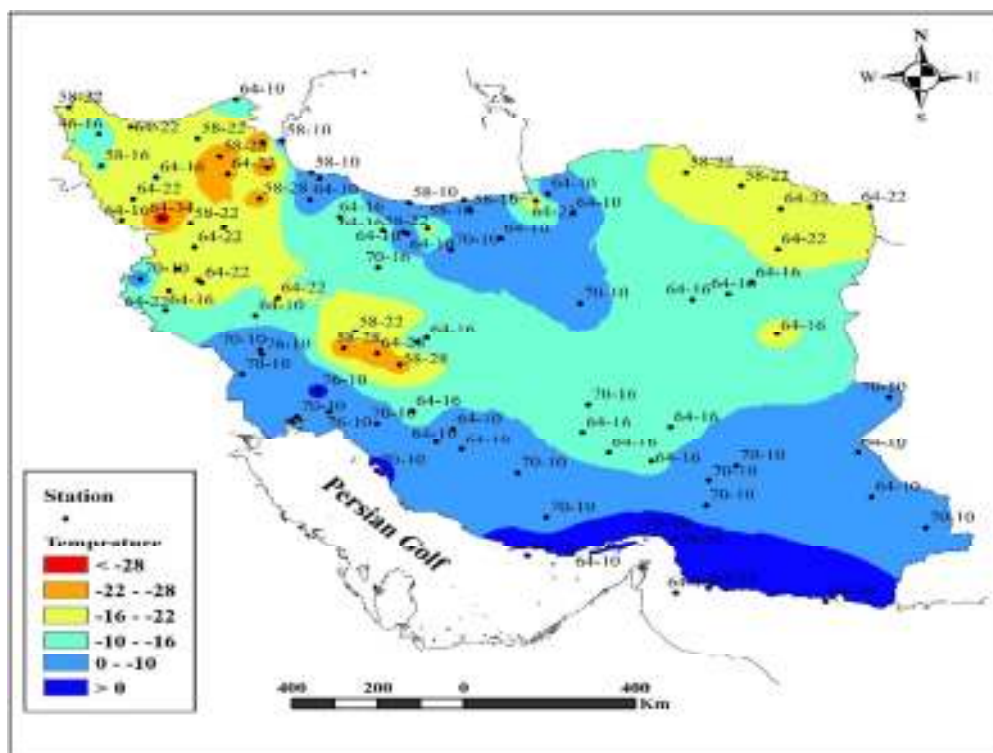
پس از آماده سازی داده‌های دمایی ایستگاه‌های یاد شده، داده‌های مربوط به هر ایستگاه با استفاده از نرم‌افزار GIS به صورت مکانمند قابل مشاهده، پردازش و تحلیل شد. سپس نقشه پهنه‌بندی دمای بیشینه و کمینه به صورت مجزا تهیه شده و با توجه به حدود آستانه طبقه‌بندی PG، کلاسبندی شده‌اند

جدول ۴. مشخصات شاخص عملکردی شهرستان‌ها با اعمال ضریب اطمینان ۹۸٪

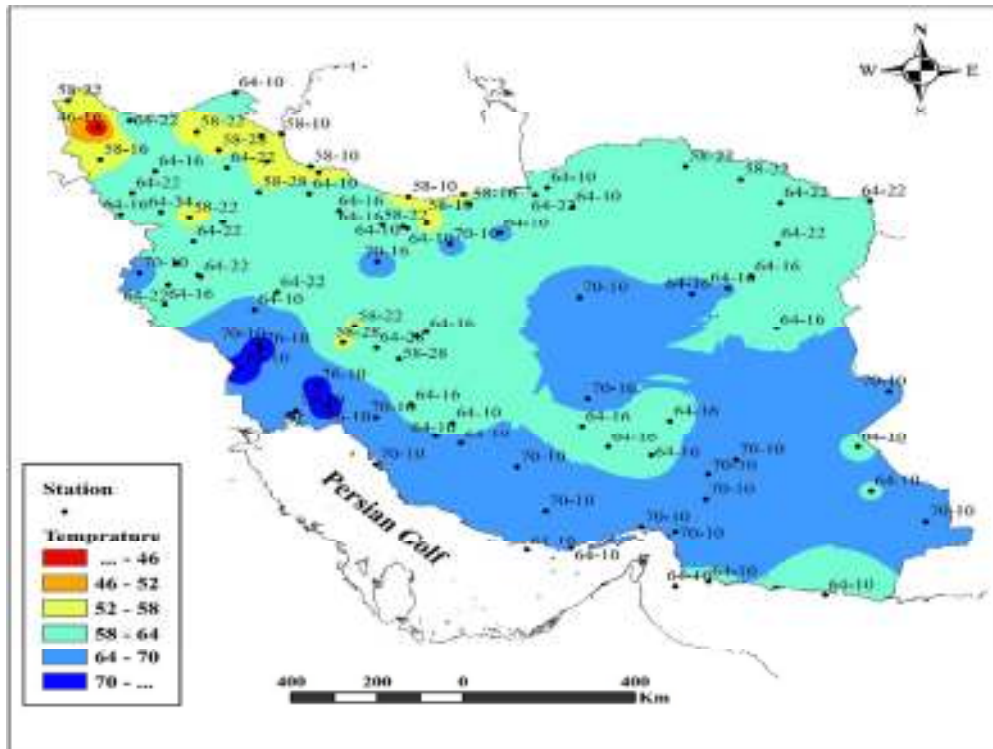
نام شهرستان	Tmin	Tmax	PG	نام شهرستان	Tmin	Tmax	PG	نام شهرستان	Tmin	Tmax	PG
آبعلی	-۱۸.۵۳	۵۳.۲۵	۵۸-۲۲	جاسک	۸.۴۱	۶۳.۴۱	۶۴-۱۰	سیرجان	-۱۱.۲۷	۶۳.۲۷	۶۴-۱۶
اردبیل	-۲۶.۸۹	۵۶.۱۵	۵۸-۲۸	جلفا	-۲۰.۶۹	۶۴.۳۰	۶۴-۲۲	سیریک	۱۱.۰۹	۶۱.۷۰	۶۴-۱۰
ارومیه	-۹۵.۷۲	۵۸.۰۴	۵۸-۱۶	جیرفت	-۲.۷۶	۶۹.۲۳	۷۰-۱۰	شاهرود	-۸.۵۱	۶۰.۱۳	۶۴-۱۰
آستارا	-۵.۴۵	۵۶.۴۰	۵۸-۱۶	چابهار	۸.۱۴	۵۹.۷۰	۶۴-۱۰	شهربابک	-۱۴.۵۴	۶۲.۱۱	۶۴-۱۶
اسلام آباد	-۲۲.۰۹	۶۲.۱۲	۶۴-۲۲	حاجی آباد	-۲.۳۳	۶۵.۷۱	۷۰-۱۰	شهرکرد	-۲۷.۴۸	۶۰.۲۳	۶۴-۲۸
اصفهان	-۱۲.۹۰	۶۴.۰۲	۶۴-۱۶	خاش	۸.۱۹	۶۳.۸۶	۶۴-۱۰	شیراز	-۶.۲۲	۶۴.۵۷	۶۴-۱۰
اصفهان (شرق)	-۱۴.۹۶	۶۴.۰۵	۶۴-۱۶	خرم آباد	-۱۰.۵۵	۶۴.۸۹	۶۴-۱۰	صفی آباد	-۱.۱۸	۷۱.۰۰	۷۶-۱۰
آغا‌جاری	-۰.۶۱	۷۱.۷۰	۷۶-۲۲	خلخال	-۲۵.۰۷	۵۵.۲۵	۵۸-۲۸	فردوس	-۱۳.۱۸	۶۴.۱۹	۶۴-۱۶
انار	-۱۳.۶۰	۶۵.۲۵	۷۰-۱۶	خور و بیابانک	-۸.۲۳	۶۷.۰۶	۷۰-۱۰	فسا	-۴.۱۱	۶۵.۸۳	۷۰-۱۰
انزلی	-۲.۶۳	۵۴.۳۴	۵۸-۱۶	خوی	-۱۲.۰۶	۴۱.۷۴	۴۶-۳۴	فانمشهر	-۳.۱۹	۵۸.۷۴	۵۸-۱۶
اهر	-۱۹.۰۱	۵۷.۱۸	۵۸-۲۲	داران	-۱۹.۹۲	۵۷.۳۵	۵۸-۲۲	قزوین	-۱۶.۴۰	۶۰.۸۸	۶۴-۱۶
ایلام	-۱۱.۵۴	۶۲.۰۵	۶۴-۱۶	دزفول	-۱.۰۳	۷۰.۷۰	۷۰-۱۰	قم	-۱۳.۷۴	۶۶.۲۰	۷۰-۱۶
بابلسر	-۱۰.۰۵	۵۶.۳۰	۵۸-۱۶	دوشان تپه	-۵.۸۴	۶۲.۹۹	۶۴-۱۰	قوچان	-۱۷.۹۰	۵۸.۲۱	۵۸-۲۲
باقت	-۱۲.۷۰	۵۹.۰۳	۶۴-۱۶	دوگنبدان	-۱.۵۲	۶۷.۰۹	۷۰-۱۰	کرج	-۱۳.۶۴	۶۱.۲۲	۶۴-۱۶

پژوهشنامه حمل و نقل، شماره ۵۵، تابستان ۱۳۹۷

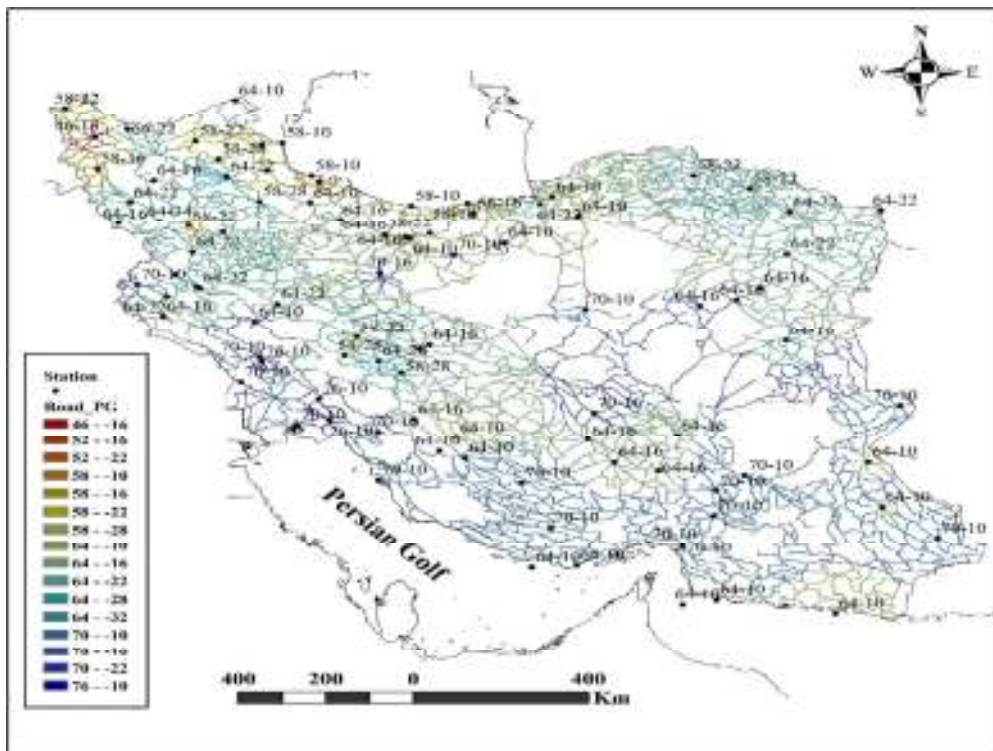
۶۴-۱۶	۶۳.۱۳	-۱۴.۴۰	کرمان	۷۰-۱۰	۶۷.۲۴	۲.۲۷	رامهرمز	۶۴-۲۲	۶۱.۹۵	-۱۷.۴۶	بروجرد
۶۴-۲۲	۶۴.۲۶	-۱۷.۱۷	کرمانشاه	۵۸-۱۶	۵۷.۳۴	-۷.۸۱	رشت	۵۸-۲۸	۵۸.۶۶	-۲۴.۳۳	بروجن
۶۴-۱۰	۶۴.۰۲	-۲۵.۷۹	کوهرنگ	۶۴-۱۶	۶۳.۰۸	-۱۲.۵۴	رفسنجان	۵۸-۲۲	۵۸.۸۴	-۱۹.۳۳	بجنورد
۷۰-۱۰	۶۹.۹۸	-۱.۳۲	کهنوج	۶۴-۱۶	۶۱.۹۵	-۱۶.۹۵	روانسر	۷۰-۱۰	۷۰.۹۵	-۲.۲۹	بستان
۶۴-۱۰	۶۴.۴۳	۸.۲۴	کیش	۷۰-۱۰	۶۸.۷۵	-۸.۶۹	زابل	۶۴-۱۶	۶۴.۸۸	-۱۳.۴۸	بشرویه
۶۴-۱۰	۶۱.۷۲	-۵.۶۸	گرگان	۶۴-۱۰	۶۳.۵۴	-۹.۸۱	زاهدان	۷۰-۱۰	۶۸.۲۵	-۴.۲۲	بم
۷۰-۱۰	۶۵.۹۲	-۹.۰۶	گرمسار	۶۴-۱۰	۶۴.۰۶	-۹.۳۶	زرقون	۷۰-۱۰	۶۷.۶۶	۳.۷۳	بندرعباس
۶۴-۲۲	۵۹.۵۸	-۱۷.۵۰	گلمکان	۵۸-۲۲	۵۵.۲۲	-۲۱.۱۹	زربنه	۶۴-۱۰	۶۴.۰۲	۷.۰۳	بندر لنگه
۶۴-۱۶	۶۲.۷۷	-۱۴.۹۲	گناباد	۵۸-۱۶	۵۸.۱۴	-۱۵.۵۱	زنجان	۷۰-۱۰	۶۹.۷۶	-۰.۴۶	بندرامشهر
۷۰-۱۰	۶۸.۴۲	-۳.۲۳	لار	۶۴-۱۶	۶۲.۸۹	-۷.۲۷	سد درودزن	۷۰-۱۰	۶۶.۸۹	۳.۱۳	بوشهر
۵۸-۲۲	۵۷.۵۹	-۱۹.۸۲	ماکو	۵۸-۲۸	۵۷.۰۴	-۲۵.۴۲	سراب	۵۸-۲۲	۵۷.۹۴	-۱۹.۷۳	بیجار
۶۴-۱۶	۵۹.۹۵	-۱۵.۶۱	مراغه	۷۰-۱۰	۶۸.۴۹	-۶.۳۹	سرپل ذهاب	۶۴-۱۶	۶۳.۷۹	-۱۶.۹۱	بیرجند
۶۴-۱۰	۶۱.۱۹	-۴.۳۳	منجیل	۶۴-۲۲	۶۰.۹۳	-۱۶.۶۷	سردشت	۶۴-۱۰	۶۰.۷۱	-۱۰.۹۸	پارس آباد
۲۲-۶۴	۶۰.۷۹	-۱۸.۶۱	مهاباد	۶۴-۲۲	۶۳.۸۳	-۱۷.۱۱	سرخص	۶۴-۲۲	۶۰.۰۱	-۲۱.۲۱	پیرانشهر
۶۴-۲۲	۶۲.۰۷	-۲۲.۲۷	میانه	۷۰-۱۰	۶۵.۷۳	-۴.۱۸	سروان	۶۴-۲۲	۵۹.۲۴	-۱۷.۱۵	ترت حیدریه
۷۰-۱۰	۶۹.۹۲	۲.۷۷	میناب	۶۴-۳۴	۶۰.۳۲	-۳۰.۳۵	سقز	۵۸-۲۸	۵۷.۲۳	-۲۵.۴۰	تکاب
۵۸-۱۶	۵۴.۵۰	-۲.۰۲	نوشهر	۶۴-۱۰	۶۴.۹۱	-۶.۹۲	سمنان	۶۴-۱۰	۶۲.۷۳	-۷.۸۶	تهران
۶۴-۱۶	۶۱.۸۲	-۱۴.۵۲	یاسوج	۶۴-۲۲	۶۲.۵۲	-۱۹.۲۲	سنندج	۶۴-۱۰	۶۰.۹۳	-۱۰.۲۵	تهران(شمال)



شکل ۲. پهنه‌بندی حرارتی (دمای پائین) روسازی به منظور تعیین PG بر حسب درجه سانتی گراد



شکل ۳. پهنه‌بندی حرارتی (دمای بالا) روسازی به منظور تعیین PG بر حسب درجه سانتی گراد

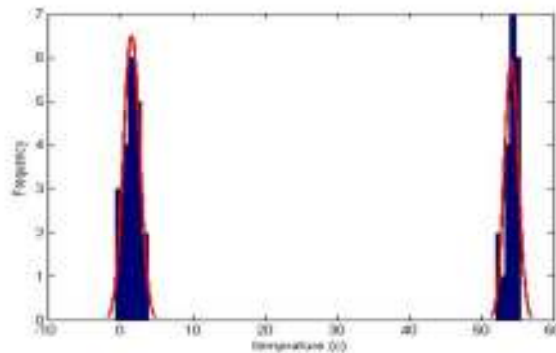


شکل ۴. پهنه‌بندی قیر مورد نیاز راه‌های کشور براساس شاخص عملکردی

۵- نتیجه گیری

متوالی نسبت به دمای پایین در هر سال، میزان این همبستگی به مراتب بیشتر است. البته در بعضی از مناطق کویری میزان ضریب همبستگی به مراتب پایین تری بدست آمده که احتمالاً بدلیل پراکندگی بیشتر داده‌های هواشناسی در این مناطق است که بنظر می‌رسد باید تعداد سالهای بیشتری برای دستیابی به قیر بهینه مورد استفاده قرار گیرد.

به منظور اعتبارسنجی دقت روش توزیع نرمال برای تعیین درصد اطمینان، با مقایسه نمودارهای فراوانی دمای سالیانه و شکل نمودارهای توزیع نرمال که ملاک انتخاب عددهای نهائی می‌باشد، ضریب همبستگی R^2 برای ۹۶ ایستگاه محاسبه گردید که این ضریب در دمای بالای بین ۹۶-۸۹ درصد و در دمای پایین ما بین ۷۹-۸۷ برای ایستگاه‌های کشور متغییر است، البته در دمای بالای روسازی، بدلیل میانگین گیری از ۷ داده‌ی دمایی



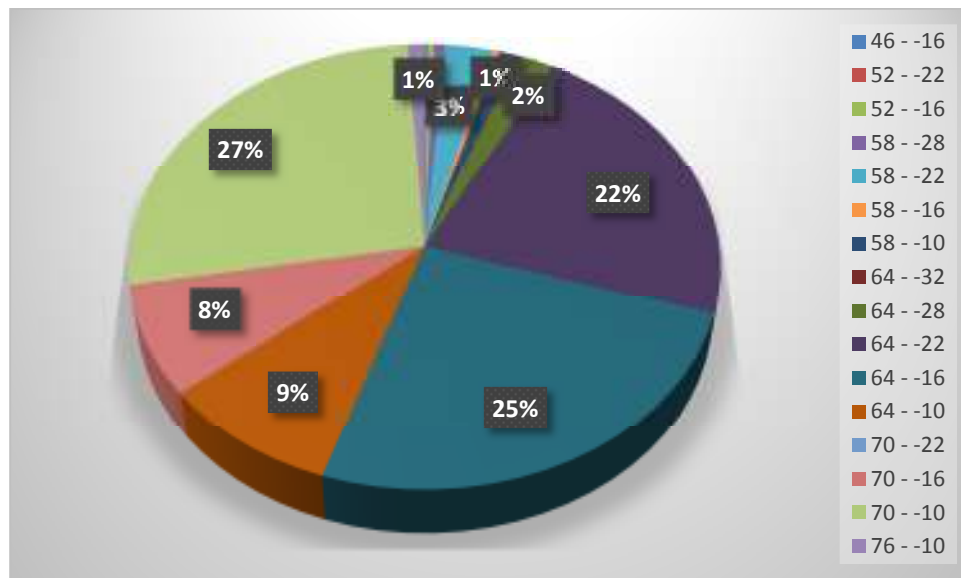
شکل ۵. توزیع نرمال نمودار فراوانی دمای روسازی شهرستان زاهدان برای مدت ۲۰ سال ($R^2=83$)

پاسارگاد ۲۲-۶۴ PG و در این پژوهش مقدار ۲۲-۵۸ PG برای مدت ۲۰ سال بدست آمده است، بنابراین دوره زمانی انتخاب شده برای تعیین PG بسیار مهم است. جدول ۵ با استخراج طول راه‌های مربوط به هر دسته‌بندی قیر کشور توسط نرم افزار GIS از شکل ۴ به دست آمده است. فراوانی قیر بدست آمده از این جدول (شکل ۶) بیانگر فراوانی بالای سه قیر ۱۰-۷۰، ۲۲-۶۴، ۱۵-۶۴ است که تولید آن بصورت انبوه در کشور باید مورد توجه قرار گیرد.

مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج ارائه شده در پروژه تحقیقاتی انجام شده توسط شرکت نفت پاسارگاد در سال ۸۴ نشان می‌دهد که نتایج ۲۲ ایستگاه با یکدیگر هم خوانی ندارد و با توجه به اینکه در تحلیل انجام شده توسط این شرکت از بحث مربوط به ضرورت تحلیل داده‌ها برای مدت ۲۰ سال چشم پوشی شده است. عمده اطلاعات مربوط به این ۲۲ ایستگاه در سال ۸۴ به مدت ۲۰ سال موجود نبوده است بطور مثال برای ایستگاه بجنورد که تا سال ۸۴ تنها داده‌های مربوط به ۱۴ سال ثبت گردیده است. درجه‌بندی ارائه شده توسط شرکت

جدول ۵. دسته‌بندی قیر با توجه به طول راه‌های موجود کشور براساس شاخص عملکردی

PG	طول راه (KM)
46 --16	۱۱۱۳۸
52 --22	۳۹۱۷
52 --16	۲۷۹۰۷
58 --28	۵۵۰۸۰
58 --22	۲۲۵۸۲۶
58 --16	۳۵۳۵۷
58 --10	۸۴۹۴۵
64 --32	۳۳۰۵
64 --28	۱۷۷۱۱۱
64 --22	۱۷۶۵۴۰۶
64 --16	۲۰۲۰۰۷۳
64 --10	۷۲۹۰۰۹
70 --22	۶۱۲
70 --16	۶۴۱۸۶۰
70 --10	۲۱۳۸۸۰۰
76 --10	۸۰۵۳۹



شکل ۶. فراوانی قیرهای دسته بندی شده براساس طول راه

-Aflaki, S. Memarzadeh, M. (2011), "Interpreting SuperPAVE PG test results with confidence intervals", *Construction and Building Materials*, no.25, pp. 2777-2787.

-Aflaki S, Tabatabaee N. (2009), "Proposals for modification of Iranian bitumen to meet the climatic requirements of Iran", *Construction and Building Materials*, no.23, pp. 2141-50.

-Cominsky, A. J., Huber, G. A., Kennedy, T. W. and Anderson, M. (1994), "The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlays". SHRP-A-407, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC.

-Epps, A. L., Glover, C. J. and Barcena, R. (2001), "A performance-graded binder specification for surface treatments". A Technical Report From: Texas Transportation Institute and the Texas A&M University, No.0-1710.

Hajj, E. Loria, L. Sebaaly, P (2011), "Estimating Effective Performance Grade of Asphalt Binders in High RAP Mixtures Using Different Methodologies: case study". TRB 2012 Annual Meeting, Paper No. pp.12-2696.

-Harman, T (2002), "superpave asphalt mixture design workshop". Federal Highway Administration, HRDI-1163.

-Huber, G. A. (1993), "Weather Database for the SUPERPAVE TM Mix Design System". SHRP-A-648A, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC.

-Kennedy, T. W., Huber, G. A., Harrigan, E. T (1994), Superior Performing Asphalt Pavements (Superpave): The Product of the SHRP Asphalt Research Program. SHRP-A-410, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC.

-Sousa, J. B., Solaimanian, M. and Weissman, S. L. (1994), "development and use of the repeated shear test", An Optional Superpave Mix Design Tool. SHRP-A-698, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC.

از بین دسته بندی‌های بدست آمده ۱۱ درصد از این قیرها (با ملاک قرار دادن گزارش شرکت نفت پاسارگاد) در حال حاضر در کشور تولید نمی‌شود و این در حالی است که با در نظر گرفتن شرایط ترافیکی و هندسی که در بسیاری از مناطق شبکه‌ی راه‌های کشور باعث افزایش درجه قیر (بدست آمده براساس شرایط آب و هوایی) می‌شود، لذا ضرورت استفاده از قیرهای پلیمری در کشور امری ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به شکل ۲ و ۳ ناحیه شمال غربی کشور دارای کمترین دمای روسازی و استان‌های خوزستان، هرمزگان و جنوب استان کرمان دارای بیشترین دما براساس شاخص عملکردی در کشور می‌باشند، به نظر می‌رسد برای استفاده از قیر در این مناطق توجه به قیر اصلاح‌شده و آسفالت WMA می‌تواند نقش عمده‌ای در افزایش عمر روسازی‌ها در این مناطق ایفا کند.

۶- مراجع

- شهبابی، م.، مقدس‌نژاد، ف.، کاظمی‌فرد، ش.، (۱۳۹۰)، "تولید قیرهای اصلاح شده پلیمری براساس درجه کارایی برای کاربرد در مناطق مختلف ایران" *مجله علوم و تکنولوژی پلیمر*، سال بیست و چهارم، شماره ۶، ص. ۴۶۷-۴۷۹.

- "کارشناسان ارشد شرکت نفت پاسارگاد"، (۱۳۹۰)، "قیر و آسفالت پاسارگاد"، دانش نوین، تهران.

- نادری، الف. و شهریاری، م. (۱۳۷۹)، "روسازی ممتاز آزمایشات و مشخصات درجه‌بندی قیر بر مبنای عملکرد"، وزارت راه و شهرسازی، مرکز تحقیقات و آموزش.

- یوسفی، ع. الف.، (۱۳۸۳)، "چگونگی تعیین درجه کارایی قیر مورد نیاز"، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، گروه پلاستیک.

-AASHTO, (1996), "Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder", MP1-93, Provisional Standards.

