

**M. R. Pirmohammadi**

Department of Civil,  
Architecture and Arts, Islamic  
Azad University, Science and  
Research Branch, Tehran, Iran.

**e-mail:** mr.ce62@gmail.com

**S. Rezaei\***

Civil Engineering and  
Management, Civil  
Engineering, Pooyesh Institute  
of Higher Education, Qom,  
Iran.

**e-mail:** rezaei@pooyesh.ac.ir

**P. Hayati**

Department of Road &  
Transportation, Faculty of  
Civil, Architecture and Arts,  
Islamic Azad University,  
Science and Research Branch,  
Tehran, Iran.

**e-mail:** p.hayati@srbiau.ac.ir

## Suitable Bitumen Zoning Based on Performance Grade in Hamadan Province

*Due to the importance of maintenance and repair costs, the quality of the asphalt quality is of particular importance. Bitumen is one of the most important components of asphalt mixing. It is essential to select the appropriate type according to the weather and traffic conditions of each area in order to increase the quality and durability of the asphalt. A study based on the Sharp method in the bitumen classification on a different level of confidence can provide optimal results with the combination of technical and economic conditions. In this research, using the statistics of the meteorological stations of Hamedan province, the performance index is PGXXYY at four levels of confidence of 50, 84, 98, and 99.9 percent, and considering the traffic conditions in the main roads of the province. Based on the results of the research, at lower levels of confidence, more low-grade bitumen will be more covered, and with increasing confidence, the role of the bitumen will be higher in the higher category and at a certain level of certainty the applied traffic conditions of the category of functional bitumen used in increasing zoning. Based on this research, it is necessary to zone the functional index of bitumen at the country level in terms of weather conditions and traffic at different levels of confidence level in order to determine and select according to the technical and economic principles of bitumen consumption.*

**Keywords:** Bitumen, functional index, pavement, Sharp method, confidence level.

---

\* Corresponding author

Received 27 July 2019, Revised 09 November 2019, Accepted 17 December 2019.

DOI: 10.22091/cer.2019.4664.1161

## پهنه‌بندی تعیین قیر مناسب براساس شاخص عملکردی (PG) در استان همدان

قیر از اجزای مهم و تأثیرگذار مخلوط آسفالتی می‌باشد که انتخاب نوع مناسب آن مطابق با شرایط آب‌وهوایی و ترافیکی هر منطقه جهت افزایش کیفیت و دوام آسفالتی اجرایی، امری ضروری می‌باشد. مطالعه براساس روش شارپ در طبقه‌بندی عملکردی قیر در سطح اطمینان‌های متفاوت می‌تواند نتایج بهینه‌ای را با لحاظ نمودن توأم شرایط فنی و اقتصادی ارائه نماید. در این تحقیق با استفاده از آمار ایستگاه‌های هواشناسی استان همدان، شاخص عملکردی به‌صورت PGXXXX در چهار سطح اطمینان ۵۰، ۸۴، ۹۸ و ۹۹/۹ درصد و با لحاظ نمودن شرایط ترافیکی در جاده‌های اصلی استان تعیین شده است. براساس نتایج حاصل شده از تحقیق، در سطوح اطمینان پایین، قیرهایی با رده‌بندی پایین‌تر پوشش بیشتری خواهند داشت و با افزایش سطح اطمینان، نقش قیرهایی با رده بالاتر، پررنگ‌تر خواهد شد و در یک سطح اطمینان مشخص اعمال شرایط ترافیکی رده قیرهای عملکردی مورد استفاده را در پهنه‌بندی افزایش خواهد داد. مطابق نتایج به‌دست آمده در سطح اطمینان ۵۰ درصد پنج نوع قیر PG58-16، PG58-22، PG64-10، PG64-16 و PG64-22 سطح استان همدان را پوشش می‌دهد. در سطح اطمینان ۸۴ درصد استفاده از سه نوع قیر PG64-16، PG64-22 و PG64-28 توصیه و در سطح اطمینان ۹۸ درصد سه نوع قیر PG64-16، PG64-22 و PG64-28 کاربرد دارد. همچنین بررسی نتایج در سطح اطمینان ۹۹/۹ درصد نشان داد که از چهار نوع قیر PG64-16، PG64-22، PG64-28 و PG64-34 در سطح این استان جهت تولید آسفالت باید استفاده نمود.

**واژگان کلیدی:** قیر، شاخص عملکردی، روسازی، روش شارپ، سطح اطمینان.

### محمد رضا پیرمحمدی

دانشکده عمران، معماری و هنر،  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم  
و تحقیقات، تهران.  
پست الکترونیک:  
mr.ce62@gmail.com

### سجاد رضائی\*

دانشکده مهندسی عمران،  
مؤسسه آموزش عالی پویش، قم.  
پست الکترونیک:  
rezaei@pooyesh.ac.ir

### پرهام حیاتی

دانشکده عمران، معماری و هنر،  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم  
و تحقیقات، تهران.  
پست الکترونیک:  
p.hayati@srbiau.ac.ir

### ۱-مقدمه

مؤسسه شارپ<sup>۱</sup> جهت تعیین نوع قیر به‌عنوان روشی مرسوم و مورد تأیید در بسیاری از کشورها به‌کار می‌رود. استفاده از شاخص عملکردی در انتخاب قیر می‌تواند کمک شایانی به افزایش کیفیت و ماندگاری آسفالت‌های تولید شده نماید و همچنین هزینه‌های تعمیر و نگهداری در این حوزه را کاهش دهد. در سال ۱۹۸۷ میلادی در آمریکا پروژه‌ای به نام شارپ با برنامه تحقیقات استراتژیک بزرگراه‌ها با بودجه‌ای ۵۰ میلیون دلاری تعریف شد که هدف آن ایجاد روش جدیدی برای طبقه‌بندی قیر و پیش‌بینی عملکرد آن در روسازی آسفالتی بود. هدف

شرایط آب‌وهوایی و ترافیک از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد روسازی‌های آسفالتی می‌باشد. با توجه به نقش مؤثر قیر در کیفیت و دوام مخلوط آسفالتی، تعیین نوع قیر براساس شرایط آب‌وهوایی و ترافیکی هر منطقه، امری ضروری می‌باشد. روش شاخص عملکردی

\* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۸/۰۵/۰۵، بازنگری ۱۳۹۸/۰۸/۱۸، پذیرش ۱۳۹۸/۰۹/۲۶.  
DOI: 10.22091/cer.2019.4664.1161 شناسه دیجیتال

<sup>۱</sup>-SHRP

نهایی از این مطالعات، محدود کردن خرابی‌های اصلی روسازی‌های آسفالتی شامل تغییرشکل‌های دائمی، ترک‌های ناشی از خستگی و ترک‌های ناشی از دمای پایین بود. این روش جدید در طبقه‌بندی قیر با نام طبقه‌بندی براساس عملکرد، مبتنی بر رفتار کامل قیر و شناخت کافی از ویژگی‌های عملکردی آن است. پس از ارائه این روش توسط مؤسسه شارپ، تاکنون پروژه‌ها و تحقیقات فراوانی در اکثر کشورهای دنیا صورت گرفته است. در کشور ما نیز در این خصوص، مطالعات کلی در سطح کشور و همچنین به‌صورت موردی در برخی استان‌ها صورت گرفته است که این مطالعات بر مبنای داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی متمرکز در شهرها انجام شده است، اما در این پژوهش، علاوه بر ایستگاه‌های ثابت، پهنه‌بندی در طول جاده‌های اصلی استان همدان نیز گسترش یافته است. همچنین در تحقیق حاضر، با جمع‌آوری و تحلیل داده‌های ترافیکی، تأثیر آنها بر پهنه‌بندی اعمال شده است. در ادامه، به چند مورد از پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه اشاره می‌گردد. روح‌الامینی و همکاران، در تحقیقی به پهنه‌بندی تعیین قیر عملکردی در سطح کشور با استفاده از داده‌های هواشناسی ۹۶ ایستگاه در سطح کشور پرداختند. براساس نتایج این تحقیق، نوع قیر عملکردی هر ایستگاه در سطح اطمینان ۹۸ درصد مشخص شده و نقشه پهنه‌بندی نظیر آن در سطح کشور با استفاده از نرم‌افزار GIS تهیه گردید [۱]. کلانتر در پژوهشی، پهنه‌بندی آب‌وهوایی تعیین نوع قیر را در سطح استان سیستان و بلوچستان با استفاده از آمار ۹ ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه قرار داد. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که چه نوع قیر عملکردی جهت استفاده در هر منطقه (ایستگاه هواشناسی) مناسب می‌باشد. همچنین براساس نتایج ارائه شده در این تحقیق مشخص گردیده که استفاده از قیر پایه ۶۰/۷۰ و ۸۵/۱۰۰ جهت استان سیستان و بلوچستان مناسب نبوده و در مناطق سطح این استان باید از قیر پایه ۴۰/۵۰ استفاده نمود [۲]. داوری و همکاران، در تحقیقی

پهنه‌بندی آب‌وهوایی استان آذربایجان شرقی برای استفاده از قیر مناسب براساس شاخص عملکردی را در سطح اطمینان ۹۸ درصد مورد بررسی قرار دادند. با توجه به روابط شارپ، نوع قیر عملکردی برای هر ایستگاه، به‌دست آمده و براساس آن نقشه پهنه‌بندی جغرافیایی استان آذربایجان شرقی بر مبنای شاخص عملکردی برای ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه، ترسیم گردیده است. براساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، قیر PG64-16 برای بیشتر نقاط استان آذربایجان شرقی شامل مناطق شمال و جنوب‌غربی و مناطق مرکزی مناسب می‌باشد. همچنین برای مناطق شرقی این استان، قیر PG58-16 مناسب می‌باشد [۳]. مارک‌پستولا<sup>۲</sup> و همکاران در دانشگاه فناوری گدانسک لهستان در تحقیقی به آنالیز منطقه‌بندی آب‌وهوایی لهستان برای طبقه‌بندی قیر براساس روش عملکردی در سه سطح اطمینان ۵۰، ۸۰ و ۹۸ درصد پرداختند. طبق نتایج حاصل شده از این تحقیق، قیر مناسب با مناطق آب‌وهوایی لهستان و میزان سطح خدمت جاده‌ها پیشنهاد شد و نقشه‌هایی پهنه‌بندی انتخاب نوع قیر عملکردی ترسیم گردید [۴]. در تحقیقی دیگر، پهنه‌بندی آب‌وهوایی کشور عراق جهت طراحی مخلوط آسفالتی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش با استفاده از آمار ۴۸ ایستگاه هواشناسی پراکنده شده در سطح کشور عراق با استفاده از روش شاخص عملکردی نوع قیر عملکردی در هر ایستگاه مشخص گردید. براساس نتایج، مشخص شد که قیرهای عملکردی PG70-10 و PG76-10 بیش از ۷۰ درصد سطح عراق را پوشش می‌دهد [۵]. جونگ سوپ لی<sup>۳</sup> و همکارانش در مؤسسه تحقیقات شرکت بزرگراه‌های کره جنوبی، در تحقیقی به درجه‌بندی عملکردی قیر در کره شمالی جهت طراحی مخلوط آسفالتی پرداختند. در این تحقیق از داده‌های هواشناسی ۲۶ ساله در ۲۷ ایستگاه در شهرهای

<sup>2</sup>- Marek Pszczola

<sup>3</sup>- Jong-Sub Lee

۵۰ درصد می‌باشد. شارپ به طراحان اجازه تعیین درجه ریسک در دمای بالا و پایین روسازی را با استفاده از قیرهای مختلف می‌دهد، به نحوی که درصد اطمینان بالاتر به معنای ریسک کمتر است.

میانگین به‌دست آمده از دمای حداکثر هفت روز گرم سال ( $T_{max}$ ) و کمترین دمای سال ( $T_{min}$ ) برای رسیدن به درصد اطمینان مورد نظر  $x$ ، از انحراف معیار<sup>۴</sup> ( $\sigma$ )، مطابق روابط (۱) و (۲) حاصل می‌شود [۷]:

$$T_{min(x\%)} = T_{min(50\%)} - n\sigma_{LowTemp} \quad (1)$$

$$T_{max(x\%)} = T_{max(50\%)} + n\sigma_{HighTemp} \quad (2)$$

در این روابط،  $T_{min(50\%)}$  کمترین دما سال در سطح اطمینان ۵۰ درصد،  $T_{max(50\%)}$  دمای حداکثر هفت روز گرم سال در سطح اطمینان ۵۰ درصد،  $\sigma_{LowTemp}$  انحراف معیار دمای بالا و  $\sigma_{HighTemp}$  انحراف معیار دمای پایین،  $n$  ضریب انحراف معیار (که با توجه به سطح اطمینان از روابط آماری محاسبه می‌گردد) می‌باشد.

در روش شارپ، دمای بالای طراحی جاده در عمق ۲۰ میلیمتر سطح روسازی تعریف می‌شود. دمای حداکثر روسازی با استفاده از رابطه (۳) و بر مبنای میانگین بیشترین دمای هفت روز متوالی در سال و عرض جغرافیایی منطقه به‌دست می‌آید [۸].

$$T_{20mm} = (T_{air} - 0.00618Lat^2 + 0.2289Lat + 42.2) \times (0.9545) - 17.78 \quad (3)$$

در رابطه ذکر شده  $T_{20mm}$  حداکثر دمای طرح روسازی در عمق ۲۰ میلیمتری از سطح راه برحسب درجه سانتی‌گراد،  $T_{air}$  میانگین حداکثر دمای هفت روز متوالی برحسب درجه سانتی‌گراد و  $Lat$  عرض جغرافیایی محل پروژه برحسب درجه می‌باشد.

کره شمالی استفاده شده است. در این تحقیق، پهنه‌بندی در دو سطح اطمینان ۵۰ و ۹۸ درصد صورت گرفته و بر پایه تجزیه و تحلیل‌های مبتنی بر روابط شارپ نوع قیر عملکردی در ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌دست آمده و نقشه‌های تعیین نوع قیر عملکردی ترسیم شده است. مطابق نتایج حاصل، قیرهای عملکردی PG58-22 و PG58-28 اکثر مناطق کره شمالی را پوشش می‌دهند [۶].

در این پژوهش، با استفاده از شرایط آب‌وهوایی و اعمال شرایط ترافیکی در محورهای اصلی استان همدان با در نظر گرفتن قابلیت سطح اطمینان، طبقه‌بندی عملکردی صورت گرفته و نقشه پهنه‌بندی آب‌وهوایی جهت انتخاب نوع قیر براساس شاخص عملکردی با استفاده از نرم افزار ArcGIS ترسیم خواهد شد.

## ۲- روش تحقیق

در روش شارپ، درجه عملکردی قیر براساس دمای حداقل و حداکثر روسازی و شرایط ترافیکی محل مورد مطالعه تعیین می‌شود. دمای حداقل و حداکثر روسازی بر پایه دمای حداقل و حداکثر محیط (برای ایستگاه‌های هواشناسی با آمار حداقل ۲۰ ساله) و با استفاده از روابط شارپ محاسبه می‌شود. برای تعیین حداکثر دمای هر منطقه، حداکثر دمای روزهای سال تعیین شده و از روی آن هفت گرم‌ترین روز پیوسته سال مشخص می‌گردد. این روند برای تمام سال‌های آماری انجام شده و میانگین دمای حداکثر هفت روز از گرم‌ترین روز هوا در هر سال به‌دست آمده و سپس انحراف معیار آن محاسبه می‌گردد [۷]. برای تعیین حداقل دمای هر منطقه، حداقل دمای سردترین روز سال تعیین شده و این روند برای تمام سال‌های آماری انجام گرفته و سپس میانگین و انحراف معیار کمترین دما در این سال‌ها مشخص می‌گردد. میانگین دماهای به‌دست آمده از حداکثر هفت روز از گرم‌ترین روز پیوسته و حداقل دمای سال دارای اطمینان

<sup>4</sup>- Standard Deviation

برخی از ایستگاه‌های هواشناسی که آمار کمتر از ۲۰ سال وجود دارد و توزیع داده‌ها از توزیع نرمال<sup>۶</sup> تبعیت نمی‌کند، با توجه به تعداد سال‌هایی که آمار وجود دارد از توزیع تی<sup>۷</sup> استفاده خواهد شد که تقریب مناسبی برای توزیع نرمال می‌باشد [۱۲].

## ۲-۲- محاسبه میانگین و انحراف معیار دمای حداکثر هفت گرم‌ترین روز هوا و دمای حداقل سالانه هوا

با ثبت داده‌های آماری در نرم‌افزار اکسل، حداکثر دمای روزهای سال تعیین شده و از روی آن هفت گرم‌ترین روز پیوسته سال مشخص می‌گردد، همچنین حداقل دمای سردترین روز سال تعیین می‌شود. این روند برای تمام سال‌های آماری انجام شده و میانگین دمای حداکثر هفت گرم‌ترین روز هوا در هر سال و میانگین کمترین دما در این سال‌ها مشخص و سپس انحراف معیار این دماها محاسبه می‌گردد.

## ۲-۳- تعیین ایستگاه‌های ثانویه در طول جاده‌های اصلی استان همدان و محاسبه حداقل و حداکثر دما با استفاده از روابط میان دما و ارتفاع

ایستگاه‌های هواشناسی محدودی در سطح استان و به‌صورت متمرکز در مراکز شهرستان‌ها وجود دارد که از اطلاعات آنها جهت پهنه‌بندی استفاده می‌گردد. لذا جهت بسط پهنه‌بندی دقیق‌تر در طول محورهای اصلی سطح استان همدان نقاطی به‌صورت ایستگاه‌های ثانویه مشخص شده و براساس مختصات جغرافیایی و رابطه بین تغییر دما و ارتفاع، دمای هوای حداقل و حداکثر در هر نقطه محاسبه می‌گردد [۱۳].

## ۲-۴- تبدیل دمای حداکثر و حداقل ایستگاه‌ها به دمای حداکثر و حداقل روسازی

دمای حداقل طراحی جاده در سطح روسازی تعریف می‌شود. این دما با استفاده از رابطه (۴) و بر مبنای کمترین دمای هوا به دست می‌آید.

$$T_{sur} = 1.7 + 0.859 T_{air} \quad (4)$$

در این رابطه،  $T_{sur}$  حداقل دمای روسازی در سطح راه و  $T_{air}$  حداقل دمای هوا برحسب درجه سانتی‌گراد می‌باشد [۸].

شرایط ترافیکی شامل نوع و میزان آمدوشد، حالات بارگذاری و تعداد کل محورهای معادل استاندارد ۸/۲ تنی هم‌ارز آمدوشد در انتخاب نوع قیر تأثیرگذار هستند. در روش روسازی ممتاز<sup>۵</sup>، وقتی میزان آمدوشد برحسب تعداد محورهای استاندارد، بیشتر از ۱۰ میلیون باشد، طراح باید انتخاب قیر را با یک درجه افزایش مورد بررسی و مطالعه قرار دهد و در شرایطی که این عدد به ۳۰ میلیون افزایش یابد، نوع قیر باید یک درجه سفت‌تر باشد. بر مبنای تحقیقات شارپ، قیر مصرفی با این شرایط تعیین می‌شود که مخلوط آسفالتی، تحت بارگذاری سریع است. در حالت بارگذاری کند مانند آمدوشد در تقاطع‌ها، ایستگاه‌های اخذ عوارض، عبور از شیب‌های تند و طولانی و به‌طور کلی آمدوشد با سرعت کم و کنترل‌شده، قیر انتخابی باید از سفتی بیشتری برخوردار باشد. البته در مواردی که سرعت بارگذاری خیلی کند باشد، انتخاب قیر حتی با دو درجه بالاتر نیز توصیه می‌شود [۹ و ۱۰]. مراحل انجام این تحقیق جهت تعیین قیر عملکردی در سطح استان همدان به شرح ذیل می‌باشد.

## ۲-۱- تهیه داده‌های هواشناسی

با مراجعه به سازمان هواشناسی کل کشور آمار ۲۰ ساله مربوط به دمای حداقل و حداکثر روزانه ۹ ایستگاه هواشناسی استان همدان دریافت شده است [۱۱]. در

<sup>6</sup>- Normal Distribution

<sup>7</sup>- Student's t-distribution

<sup>5</sup>- Superpave

$$r=10^A - 1 \quad (5)$$

که در این رابطه،  $r$  نرخ رشد سالیانه ترافیک و  $A$  شیب خط برازش می‌باشد. براساس روش ارائه شده مؤسسه آشتو، کل ترافیک عبوری از راه در دوره طرح با تعداد معینی محور استاندارد  $8/2$  تنی طبق رابطه (۶) معادل خواهد شد [۹].

$$ESAL_n = EAL \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (6)$$

در این رابطه،  $ESAL_n$  تعداد کل ترافیک (یا محورهای هم‌ارز) در  $n$  سال دوره طرح،  $EAL$  تعداد کل ترافیک (یا محورهای هم‌ارز) در سال اول طرح،  $r$  نرخ رشد سالیانه ترافیک و  $n$  دوره طرح برحسب سال می‌باشد.

۲-۷- تهیه نقشه پهنه‌بندی آب‌وهوایی استان همدان براساس شاخص عملکردی قیر در سطح اطمینان‌های مورد مطالعه

با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و نتایج به‌دست آمده از مراحل پهنه‌بندی آب‌وهوایی برای ایستگاه‌های هواشناسی استان و همچنین ایستگاه‌های منتخب در طول محورهای اصلی استان همدان، شامل مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها، دمای حداقل و حداکثر روسازی و نوع قیر عملکردی به‌دست آمده، نقشه‌های پهنه‌بندی قیر عملکردی در سطح استان همدان تهیه و ارائه می‌گردد.

### ۳- ارائه نتایج و تحلیل آن

در شکل ۱، موقعیت ایستگاه‌های اصلی و فرعی مورد مطالعه این تحقیق، نمایش داده شده است. نتایج حاصل از پهنه‌بندی صرفاً براساس شرایط آب‌وهوایی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح استان همدان در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

در جدول ۱ براساس داده‌های هواشناسی گردآوری شده از ایستگاه‌های هواشناسی استان همدان و بر پایه

دمای حداکثر روسازی با استفاده از رابطه (۳) و بر مبنای میانگین بیشترین دمای هفت روز متوالی در سال و عرض جغرافیایی منطقه به‌دست می‌آید. همچنین دمای حداقل روسازی با استفاده از رابطه (۴) و بر مبنای کمترین دمای هوا به‌دست می‌آید [۸].

۲-۵- تعیین شاخص عملکردی ایستگاه‌ها براساس حداقل و حداکثر دمای روسازی در چهار سطح اطمینان ۵۰، ۸۴، ۹۸ و ۹۹/۹ درصد

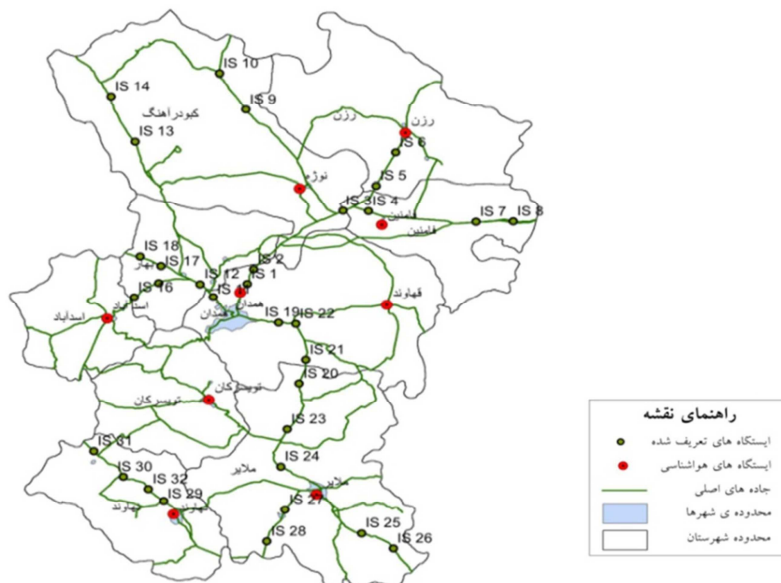
روش شارپ برای پهنه‌بندی عملکردی قیر، دارای گام یا فواصل ۶ درجه‌ای می‌باشد. دمای حداکثر و حداقل روسازی که از روابط (۳) و (۴) به‌دست می‌آید، به درجات استاندارد PG تبدیل می‌شود، به‌طوری که شاخص عملکردی هر ایستگاه به‌صورت PG XXYY بیان می‌شود [۹]. برای ایستگاه‌های مورد نظر در این تحقیق، براساس داده‌های موجود و روابط شارپ دمای حداکثر روسازی و دمای حداقل روسازی محاسبه شده و براساس آن شاخص عملکردی در چهار سطح اطمینان ۵۰، ۸۴، ۹۸ و ۹۹/۹ درصد به‌دست می‌آید.

۲-۶- محاسبه تعداد محورهای معادل استاندارد (۸۰KN) در جاده‌های اصلی استان همدان جهت تأثیر شرایط ترافیکی بر روی انتخاب نوع قیر PG

جهت محاسبه تعداد محورهای هم‌ارز در دوره طرح، ابتدا اطلاعات تردد شماره‌های سطح استان همدان در پنج سال گذشته گردآوری شده است. این اطلاعات در پنج کلاس خودروهای سبک تا سنگین دسته‌بندی و به‌صورت سالانه استخراج می‌گردد. براساس این آمار و با استفاده از روش رگرسیون نرخ رشد سالیانه ترافیک در هر محور محاسبه می‌شود. بدین منظور، در نرم‌افزار SPSS پس از ترسیم نمودار لگاریتم تعداد وسیله نقلیه نسبت به زمان (برحسب سال)، بهترین خط برازش مشخص و با استفاده از رابطه (۵) مقدار نرخ رشد سالیانه ترافیک محاسبه می‌شود [۹].

گردیده است.

روابط شارپ، نوع قیر عملکردی در هر ایستگاه در چهار سطح اطمینان ۵۰، ۸۴، ۹۸ و ۹۹/۹ درصد مشخص



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و ایستگاه‌های تعریف شده بر روی نقشه استان همدان

قیر عملکردی براساس شرایط آب و هوایی در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه و در شکل ۲ نمایش داده شده است.

نتایج حاصل شده از پهنه‌بندی که در جدول‌های ۱ و ۲ ذکر شده است با جدول مشخصات قیر براساس عملکرد (جدول ۱۴-۲) نشریه ۱۰۱ [۱۰]، مطابقت و هم‌خوانی داشته و صحت محاسبات کنترل گردیده است.

همان‌گونه که در جدول ۱ قابل مشاهده است با بالا رفتن سطح اطمینان، قیرهای عملکردی با رده بالاتر برای ایستگاه‌های مورد مطالعه حاصل شده است. همچنین در جدول ۲، این نتایج در سطح اطمینان‌های مورد مطالعه برای ایستگاه‌های تعریف شده در طول محورهای اصلی ارائه شده است. با استفاده از نتایج حاصل شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه، نقشه‌های پهنه‌بندی تعیین نوع

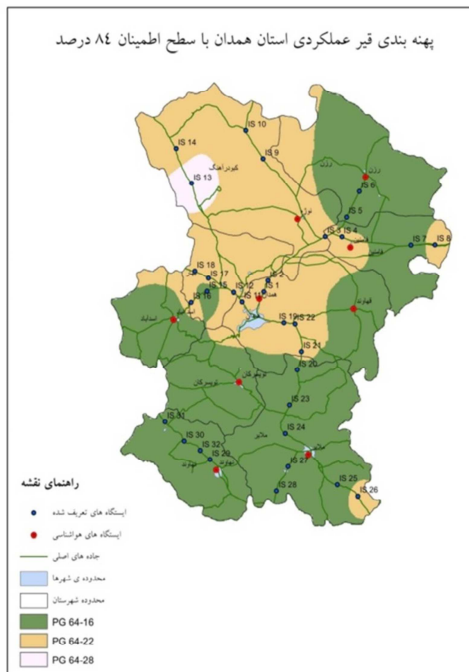
جدول ۱- نوع قیر عملکردی (PG) در ایستگاه‌های هواشناسی استان همدان در سطح اطمینان‌های مورد مطالعه

سطح اطمینان ۹۹/۹ درصد			سطح اطمینان ۹۸ درصد			سطح اطمینان ۸۴ درصد			سطح اطمینان ۵۰ درصد			ایستگاه
PG	T (MIN)	T (MAX)	PG	T (MIN)	T (MAX)	PG	T (MIN)	T (MAX)	PG	T (MIN)	T (MAX)	
۶۴-۲۸	-۲۶/۴۶	۶۱/۱۱	۶۴-۲۸	-۲۲/۸۸	۶۰/۲۱	۶۴-۲۲	-۱۹/۳۰	۵۹/۳۱	۶۴-۱۶	-۱۵/۷۲	۵۸/۱۶	همدان
۶۴-۲۲	-۱۹/۸۴	۶۱/۴۵	۶۴-۲۲	-۱۷/۲۵	۶۰/۵۲	۶۴-۱۶	-۱۴/۶۵	۵۹/۶۰	۶۴-۱۶	-۱۲/۰۵	۵۸/۶۷	ملایر
۶۴-۲۲	-۱۹/۶۳	۶۱/۵۰	۶۴-۲۲	-۱۶/۹۷	۶۰/۶۳	۶۴-۱۶	-۱۴/۳۲	۵۹/۷۶	۶۴-۱۶	-۱۱/۶۷	۵۸/۹۰	نهادوند
۶۴-۳۴	-۲۸/۸۵	۶۱/۸۶	۶۴-۲۸	-۲۴/۸۵	۶۰/۷۷	۶۴-۲۲	-۲۰/۸۵	۵۹/۶۹	۶۴-۲۲	-۱۶/۵۸	۵۸/۶۰	نوزه
۶۴-۱۶	-۱۵/۹۵	۶۰/۵۵	۶۴-۱۶	-۱۳/۹۳	۵۹/۷۶	۶۴-۱۶	-۱۱/۹۲	۵۸/۹۶	۶۴-۱۰	-۹/۹۱	۵۸/۱۷	تویسرکان
۶۴-۲۲	-۱۹/۰۲	۶۱/۷۴	۶۴-۲۲	-۱۷/۲۲	۶۰/۴۱	۶۴-۱۶	-۱۵/۴۱	۵۹/۰۹	۶۴-۱۶	-۱۳/۶۰	۵۷/۷۷	رزن
۶۴-۲۲	-۱۷/۶۵	۶۲/۱۹	۶۴-۲۲	-۱۶/۰۷	۶۰/۹۸	۶۴-۱۶	-۱۴/۴۸	۵۹/۷۸	۶۴-۱۶	-۱۲/۹۰	۵۸/۵۸	اسدآباد
۶۴-۲۲	-۲۰/۲۵	۶۲/۳۱	۶۴-۲۲	-۱۸/۱۳	۶۱/۲۵	۶۴-۲۲	-۱۶/۰۲	۶۰/۱۹	۶۴-۱۶	-۱۳/۹۱	۵۹/۱۲	فامنین
۶۴-۲۲	-۲۰/۰۴	۶۲/۶۷	۶۴-۲۲	-۱۷/۸۶	۶۱/۴۶	۶۴-۱۶	-۱۵/۶۸	۶۰/۲۵	۶۴-۱۶	-۱۳/۵۰	۵۹/۰۳	قهاوند

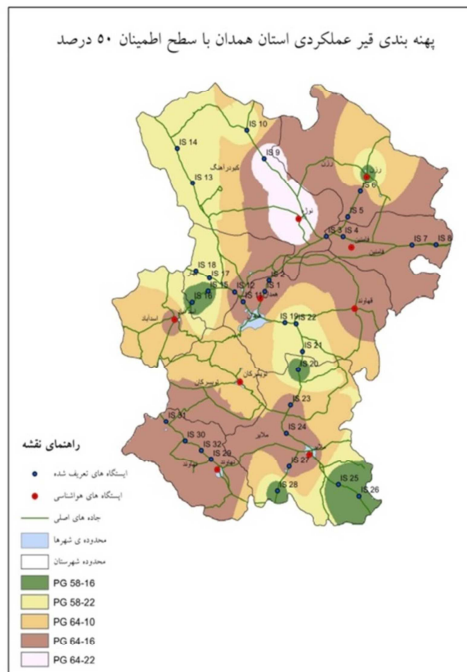
جدول ۲- نوع قیر عملکردی (PG) در ایستگاه‌های تعریف شده در محورهای اصلی در سطح اطمینان‌های مورد مطالعه

سطح اطمینان ۹۹/۹ درصد			سطح اطمینان ۹۸ درصد			سطح اطمینان ۸۴ درصد			سطح اطمینان ۵۰ درصد			شماره ایستگاه
PG	T (MIN)	T (MAX)	PG	T (MIN)	T (MAX)	PG	T (MIN)	T (MAX)	PG	T (MIN)	T (MAX)	
۶۴-۲۸	-۲۶/۳۶	۶۱/۲۲	۶۴-۲۸	-۲۲/۷۸	۶۰/۳۱	۶۴-۲۲	-۱۹/۲۰	۵۹/۴۲	۶۴-۱۶	-۱۵/۶۱	۵۸/۵۲	۱
۶۴-۲۸	-۲۶/۳۷	۶۱/۲۰	۶۴-۲۸	-۲۲/۷۹	۶۰/۲۹	۶۴-۲۲	-۱۹/۲۱	۵۹/۳۹	۶۴-۱۶	-۱۵/۶۳	۵۸/۵۰	۲
۶۴-۲۲	-۲۰/۲۸	۶۲/۲۷	۶۴-۲۲	-۱۸/۱۶	۶۱/۲۰	۶۴-۲۲	-۱۶/۰۵	۶۰/۱۴	۶۴-۱۶	-۱۳/۹۴	۵۹/۰۹	۳
۶۴-۲۲	-۲۰/۲۹	۶۲/۲۵	۶۴-۲۲	-۱۸/۱۸	۶۱/۱۸	۶۴-۲۲	-۱۶/۰۷	۶۰/۱۳	۶۴-۱۶	-۱۳/۹۶	۵۹/۰۷	۴
۶۴-۲۲	-۱۸/۳۸	۶۲/۴۹	۶۴-۲۲	-۱۶/۵۸	۶۱/۱۶	۶۴-۱۶	-۱۴/۷۷	۵۹/۸۵	۶۴-۱۶	-۱۲/۹۷	۵۸/۵۲	۵
۶۴-۲۲	-۱۸/۶۳	۶۲/۱۹	۶۴-۲۲	-۱۶/۸۳	۶۰/۸۶	۶۴-۱۶	-۱۵/۰۲	۵۹/۵۴	۶۴-۱۶	-۱۳/۲۲	۵۸/۲۱	۶
۶۴-۲۲	-۲۰/۰۵	۶۲/۵۳	۶۴-۲۲	-۱۷/۹۴	۶۴/۴۶	۶۴-۱۶	-۱۵/۸۲	۶۰/۴۰	۶۴-۱۶	-۱۳/۷۱	۵۹/۳۴	۷
۶۴-۲۲	-۲۰/۳۹	۶۲/۱۵	۶۴-۲۲	-۱۸/۲۸	۶۱/۰۸	۶۴-۲۲	-۱۶/۱۷	۶۰/۰۲	۶۴-۱۶	-۱۴/۰۵	۵۸/۹۶	۸
۶۴-۲۴	-۲۹/۲۵	۶۱/۳۸	۶۴-۲۸	-۲۵/۲۴	۶۰/۳۰	۶۴-۲۲	-۲۱/۲۵	۵۹/۲۱	۶۴-۲۲	-۱۷/۲۵	۵۸/۱۲	۹
۶۴-۲۴	-۲۹/۴۸	۶۱/۱۰	۶۴-۲۸	-۲۵/۴۷	۶۰/۰۲	۶۴-۲۲	-۲۱/۴۸	۵۸/۹۳	۵۸-۲۲	-۱۷/۴۸	۵۷/۸۴	۱۰
۶۴-۲۸	-۲۶/۵۱	۶۱/۰۷	۶۴-۲۸	-۲۲/۹۲	۶۰/۱۶	۶۴-۲۲	-۱۹/۳۴	۵۹/۲۶	۶۴-۱۶	-۱۵/۷۶	۵۸/۳۷	۱۱
۶۴-۲۸	-۲۶/۵۴	۶۱/۰۲	۶۴-۲۸	-۲۲/۹۶	۶۰/۱۲	۶۴-۲۲	-۱۹/۳۸	۵۹/۲۲	۶۴-۱۶	-۱۵/۷۹	۵۸/۳۲	۱۲
۶۴-۲۴	-۳۰/۵۶	۵۹/۹۳	۶۴-۲۸	-۲۶/۵۶	۵۸/۸۵	۶۴-۲۸	-۲۲/۵۷	۵۸/۰۰	۵۸-۲۲	-۱۸/۵۶	۵۶/۶۸	۱۳
۶۴-۲۴	۲۲/۹۹	۶۰/۵۵	۶۴-۲۸	-۲۵/۹۹	۵۹/۴۷	۶۴-۲۲	-۲۱/۹۹	۵۸/۳۸	۵۸-۲۲	-۱۷/۹۹	۵۷/۲۹	۱۴
۶۴-۲۲	-۱۸/۵۷	۶۱/۰۳	۶۴-۲۲	-۱۶/۹۹	۵۹/۸۲	۶۴-۱۶	-۱۵/۴۱	۵۸/۶۱	۵۸-۱۶	-۱۳/۸۳	۵۷/۴۱	۱۵
۶۴-۲۲	-۱۹/۳۸	۶۰/۱۴	۶۴-۲۲	-۱۷/۸۰	۵۸/۹۴	۶۴-۲۲	۱۶/۲۱	۵۷/۷۳	۵۸-۱۶	-۱۴/۶۳	۵۶/۵۳	۱۶
۶۴-۲۸	-۲۶/۸۷	۶۰/۶۴	۶۴-۲۸	-۲۳/۲۹	۵۹/۷۳	۶۴-۲۲	-۱۹/۷۱	۵۸/۸۴	۵۸-۲۲	-۱۶/۱۳	۵۷/۹۴	۱۷
۶۴-۲۸	-۲۷/۴۵	۶۰/۰۰	۶۴-۲۸	-۲۳/۸۷	۵۹/۰۹	۶۴-۲۲	-۲۰/۲۹	۵۸/۱۹	۵۸-۲۲	-۱۶/۷۰	۵۷/۲۹	۱۸
۶۴-۲۸	-۲۷/۰۹	۶۰/۴۴	۶۴-۲۸	-۲۳/۵۰	۵۹/۵۳	۶۴-۲۲	-۱۹/۹۲	۵۸/۶۳	۵۸-۲۲	-۱۶/۳۴	۵۷/۷۳	۱۹
۶۴-۲۲	-۲۱/۰۳	۶۰/۰۶	۶۴-۲۲	-۱۸/۴۴	۵۹/۱۳	۶۴-۱۶	-۱۵/۸۴	۵۸/۲۱	۵۸-۱۶	-۱۳/۲۴	۵۷/۲۹	۲۰
۶۴-۲۸	-۲۷/۶۴	۵۹/۸۴	۶۴-۲۸	-۲۴/۰۶	۵۸/۹۳	۶۴-۲۲	-۲۰/۴۸	۵۸/۰۴	۵۸-۲۲	-۱۶/۸۹	۵۷/۱۴	۲۱
۶۴-۲۸	-۲۷/۱۶	۶۰/۳۶	۶۴-۲۸	-۲۳/۵۸	۵۹/۴۵	۶۴-۲۲	-۱۹/۹۹	۵۸/۵۵	۵۸-۲۲	-۱۶/۴۱	۵۷/۶۵	۲۲
۶۴-۲۲	-۱۹/۸۰	۶۱/۴۵	۶۴-۲۲	-۱۷/۲۱	۶۰/۵۳	۶۴-۱۶	-۱۴/۶۰	۵۹/۶۱	۶۴-۱۶	-۱۲/۰۱	۵۸/۶۸	۲۳
۶۴-۲۲	-۱۹/۸۶	۶۱/۴۱	۶۴-۲۲	-۱۷/۲۶	۶۰/۴۸	۶۴-۱۶	-۱۴/۶۶	۵۹/۵۷	۶۴-۱۶	-۱۲/۰۷	۵۸/۶۴	۲۴
۶۴-۲۲	-۲۰/۹۱	۶۰/۲۸	۶۴-۲۲	-۱۸/۳۱	۵۹/۳۵	۶۴-۱۶	-۱۵/۷۱	۵۸/۴۳	۵۸-۱۶	-۱۳/۱۲	۵۷/۵۱	۲۵
۶۴-۲۲	-۲۱/۳۳	۵۹/۸۲	۶۴-۲۲	-۱۸/۷۳	۵۸/۹۰	۶۴-۲۲	-۱۶/۱۳	۵۸/۰۱	۵۸-۱۶	-۱۳/۵۳	۵۷/۰۵	۲۶
۶۴-۲۲	-۲۰/۱۹	۶۱/۰۶	۶۴-۲۲	-۱۷/۶۰	۶۰/۱۴	۶۴-۱۶	-۱۴/۹۹	۵۹/۲۲	۶۴-۱۶	-۱۲/۴۰	۵۸/۲۹	۲۷
۶۴-۲۲	-۲۰/۷۷	۶۰/۴۴	۶۴-۲۲	-۱۸/۱۸	۵۹/۵۱	۶۴-۱۶	-۱۵/۵۷	۵۸/۵۹	۵۸-۱۶	-۱۲/۹۸	۵۷/۶۷	۲۸
۶۴-۲۲	-۱۹/۲۳	۶۱/۹۲	۶۴-۲۲	-۱۶/۵۸	۶۱/۰۶	۶۴-۱۶	-۱۳/۹۳	۶۰/۱۹	۶۴-۱۶	-۱۱/۲۷	۵۹/۳۲	۲۹
۶۴-۲۲	-۱۸/۸۹	۶۲/۲۹	۶۴-۲۲	-۱۶/۲۴	۶۱/۴۲	۶۴-۱۶	-۱۳/۵۹	۶۰/۵۵	۶۴-۱۶	-۱۰/۹۳	۵۹/۶۸	۳۰
۶۴-۲۲	-۱۸/۸۶	۶۲/۳۱	۶۴-۲۲	-۱۶/۲۱	۶۱/۴۴	۶۴-۱۶	-۱۳/۵۶	۶۰/۵۷	۶۴-۱۶	-۱۰/۹۰	۵۹/۷۰	۳۱
۶۴-۲۲	-۱۹/۱۴	۶۲/۰۲	۶۴-۲۲	-۱۶/۴۹	۶۱/۱۵	۶۴-۱۶	-۱۳/۸۳	۶۰/۲۹	۶۴-۱۶	-۱۱/۱۸	۵۹/۴۲	۳۲

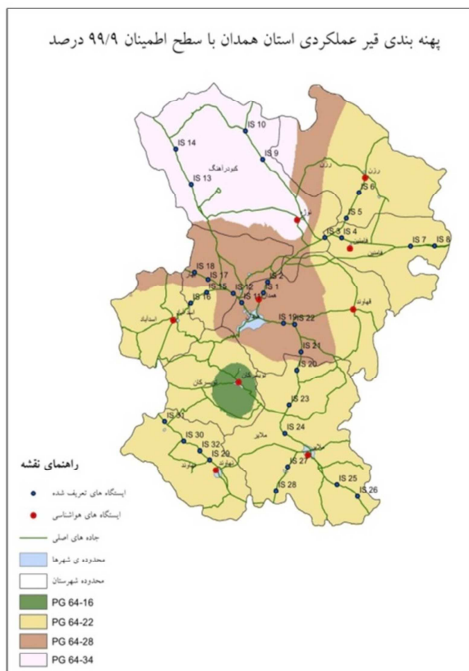




(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی قیر عملکردی در سطح اطمینان‌های مورد مطالعه

نتایج آن بر روی شاخص عملکردی در سطح اطمینان ۹۸ درصد که سطح اطمینان مناسبی جهت جاده‌های اصلی در سطح استان می‌باشد، اعمال شده است. در جدول ۳ خلاصه این نتایج ذکر شده است.

با استفاده از آمار میزان تردد در جاده‌های اصلی استان همدان که از تردد شماره‌های سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای کشور در سطح استان همدان اخذ شده، تعداد محورهای معادل استاندارد محاسبه شده و

جدول ۳- تعداد محورهای معادل استاندارد ۸/۲ تنی در جاده‌های اصلی استان همدان

نام محور	تعداد محور هم‌ارز ۸/۲ تنی در سال اول EAL	شیب خط برازش (A)	رشد ترافیک سالیانه (۲)	تعداد محور هم‌ارز ۸/۲ تنی در دوره طرح	نام محور	تعداد محور هم‌ارز ۸/۲ تنی در دوره طرح	شیب خط برازش (A)	رشد ترافیک سالیانه (۲)	تعداد محور هم‌ارز ۸/۲ تنی در سال اول EAL
همدان- کوریجان	۱۵۸۷۹۱۰	۰/۰۲۴	۰/۰۵۷	۵۶۴۵۲۶۹۷	قروه- صالح‌آباد	۵۶۴۵۲۶۹۷	۰/۰۲۴	۰/۰۵۷	۱۵۸۷۹۱۰
کوریجان- همدان	۲۲۵۰۸۶۸	۰/۰۰۹	۰/۰۲۱	۵۵۲۰۴۷۳۵	صالح‌آباد- قروه	۵۵۲۰۴۷۳۵	۰/۰۲۱	۰/۰۰۹	۲۲۵۰۸۶۸
رزن- روعان	۹۵۸۴۲۰	۰/۰۲۳	۰/۰۵۴	۳۳۲۰۰۸۸۸	زنجان- شیرین‌سو	۳۳۲۰۰۸۸۸	۰/۰۲۳	۰/۰۵۴	۹۵۸۴۲۰
روغان- رزن	۸۷۳۴۲۹	۰/۰۲۶	۰/۰۶۲	۳۲۷۲۱۴۱۶	شیرین‌سو- زنجان	۳۲۷۲۱۴۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۶۲	۸۷۳۴۲۹
روغان- فامنین	۶۸۳۷۰۴	۰/۰۲۳	۰/۰۵۴	۲۳۶۸۴۳۸۲	جوکار- همدان	۲۳۶۸۴۳۸۲	۰/۰۲۳	۰/۰۵۴	۶۸۳۷۰۴
فامنین- روعان	۱۰۳۶۷۷۶	۰/۰۲۶	۰/۰۶۲	۳۸۸۴۰۹۲۵	همدان- جوکار	۳۸۸۴۰۹۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۶۲	۱۰۳۶۷۷۶
ساوه- پل ۱۲۳	۱۲۹۵۹۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۲۷۶۹۷۸۹۸	جوکار- ملایر	۲۷۶۹۷۸۹۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۱۲۹۵۹۰۳
پل ۱۲۳- ساوه	۱۲۹۵۹۰۳	۰/۰۱۰	۰/۰۲۳	۳۲۵۴۰۴۵۵	ملایر- جوکار	۳۲۵۴۰۴۵۵	۰/۰۱۰	۰/۰۲۳	۱۲۹۵۹۰۳
همدان- صالح‌آباد	۱۹۱۹۴۱۷	۰/۰۱۸	۰/۰۴۲	۵۸۵۵۰۶۶۰	اراک- ملایر	۵۸۵۵۰۶۶۰	۰/۰۱۸	۰/۰۴۲	۱۹۱۹۴۱۷
صالح‌آباد- همدان	۱۱۸۹۷۴۴	۰/۰۵۰	۰/۱۲۲	۸۷۷۵۴۷۱۴	ملایر- اراک	۸۷۷۵۴۷۱۴	۰/۰۵۰	۰/۱۲۲	۱۱۸۹۷۴۴
بیجار- گل‌تپه	۵۹۷۸۹	۰/۰۷۴	۰/۱۸۶	۹۳۹۷۷۸۴	بروجرد- ملایر	۹۳۹۷۷۸۴	۰/۰۷۴	۰/۱۸۶	۵۹۷۸۹
گل‌تپه- بیجار	۵۴۱۱۳	۰/۰۷۴	۰/۱۸۶	۸۵۰۵۵۳۵	ملایر- بروجرد	۸۵۰۵۵۳۵	۰/۰۷۴	۰/۱۸۶	۵۴۱۱۳
اسدآباد- صالح‌آباد	۶۴۱۹۹۱	۰/۰۵۲	۰/۱۲۷	۵۰۲۹۴۲۱۳	نهایند- کنگاور	۵۰۲۹۴۲۱۳	۰/۰۵۲	۰/۱۲۷	۶۴۱۹۹۱
صالح‌آباد- اسدآباد	۶۸۴۶۴۷	۰/۰۵۰	۰/۱۲۲	۵۰۴۹۹۰۷۱	کنگاور- نهایند	۵۰۴۹۹۰۷۱	۰/۰۵۰	۰/۱۲۲	۶۸۴۶۴۷

اطمینان مناسب، کمک شایانی به انتخاب نوع قیر جهت تولید آسفالت در هر منطقه خواهد نمود. در این تحقیق جهت دستیابی به این هدف، با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استان همدان و لحاظ نمودن شرایط ترافیکی در محورهای اصلی این استان، بر پایه روابط شارپ و در سطح اطمینان‌های متفاوت، دمای حداقل و حداکثر روسازی محاسبه شده و براساس آن، نوع قیر عملکردی در هر منطقه مشخص شده و با توجه به نتایج حاصل شده نقشه پهنه‌بندی تعیین نوع قیر عملکردی در سطح استان همدان ترسیم گردیده است.

براساس نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که در سطح اطمینان ۵۰ درصد، پنج نوع قیر PG58-16، PG58-22، PG64-10، PG64-16 و PG64-22 جهت

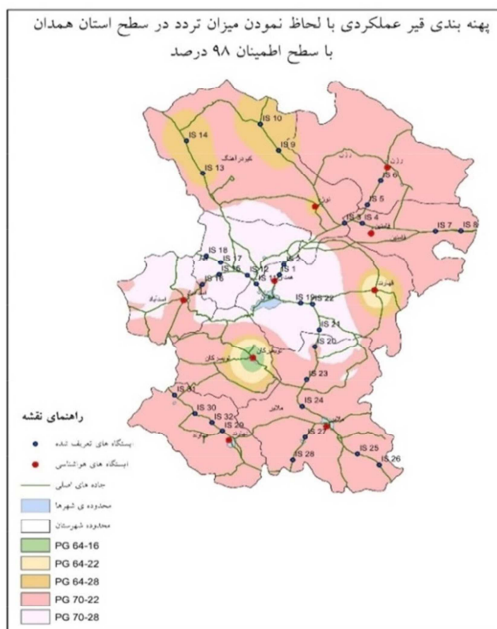
اعمال شرایط ترافیکی تغییراتی را در نوع قیر عملکردی در برخی مناطق به‌وجود آورده که این تغییرات به‌صورت نقشه پهنه‌بندی انتخاب قیر عملکردی در سطح استان همدان در سطح اطمینان ۹۸ درصد در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل، تغییرات پهنه‌بندی در سطح اطمینان ۹۸ درصد پس از اعمال شرایط ترافیکی مشاهده می‌شود.

#### ۴- نتیجه‌گیری

پهنه‌بندی آب‌وهوایی قیر بر پایه روش شارپ، عملکرد روسازی را در شرایط به‌کار رفته واقعی مدنظر قرار می‌دهد. لذا انجام این نوع پهنه‌بندی با توجه به شرایط آب‌وهوایی و ترافیکی استان همدان و در نظر گرفتن سطح

استفاده از سه نوع قیر PG64-16، PG64-22 و PG64-28 استفاده از سه نوع قیر PG64-16، PG64-22 و PG64-28 توصیه می‌گردد که در اکثر مناطق سطح استان همدان قیر PG64-16 حاصل شده است.

مناطق سطح استان همدان مناسب می‌باشد. در این سطح اطمینان، قیر PG64-16 سهم بیشتری را در مناطق استان همدان دارا می‌باشد. در سطح اطمینان ۸۴ درصد



(ب)



(الف)

شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی قیر عملکردی در سطح اطمینان ۹۸٪، (الف) قبل از اعمال شرایط ترافیکی و (ب) پس از اعمال شرایط ترافیکی

میزان تردد در دوره طرح در هر محور مواصلاتی بر روی انتخاب نوع قیر عملکردی مؤثر است. در سطح اطمینان ۹۸ درصد قبل از اعمال شرایط ترافیکی سه نوع قیر PG64-16، PG64-22 و PG64-28 جهت سطح استان همدان حاصل شده است که بخش عمده‌ای از سطح این استان را قیر PG64-22 پوشش می‌دهد. پس از تأثیر شرایط ترافیکی دو نوع قیر با رده‌های بالاتر (PG70-22 و PG70-28) در پهنه‌بندی اضافه خواهد شد و نقش قیرهای با رده پایین‌تر، کم‌رنگ و محدود شده است. این مسئله نشان می‌دهد که در یک سطح اطمینان مشخص، اعمال شرایط ترافیکی، رده قیرهای عملکردی مورد استفاده را در پهنه‌بندی افزایش خواهد داد.

با تغییر سطح اطمینان در پهنه‌بندی عملکردی، نوع قیر مناسب جهت هر منطقه را می‌توان با در نظر گرفتن ملاحظات فنی و اقتصادی انتخاب نمود. بر این اساس، با لحاظ نوع، اهمیت جاده و مسائل اقتصادی، استفاده از

مطالعات در سطح اطمینان ۹۸ درصد مشخص نمود که از سه نوع قیر PG64-16، PG64-22 و PG64-28 بایستی در سطح استان، مطابق با نقشه پهنه‌بندی به‌دست آمده استفاده نمود. همچنین بررسی نتایج در سطح اطمینان ۹۹/۹ درصد نشان داد که از چهار نوع قیر PG64-16، PG64-22، PG64-28 و PG64-34 در سطح این استان جهت تولید آسفالت باید استفاده نمود. از مقایسه پهنه‌بندی‌های به‌دست آمده در سطح اطمینان‌های مورد مطالعه مشخص گردید که در میان قیرهای عملکردی به‌دست آمده برای استان همدان، در سطوح اطمینان پایین، قیرهایی با رده‌بندی پایین‌تر پوشش بیشتری خواهند داشت و با افزایش سطح اطمینان، نقش قیرهایی با رده بالاتر پررنگ‌تر خواهد شد. نتایج حاصل شده با جدول مشخصات قیر براساس عملکرد که در نشریه ۱۰۱ (مشخصات فنی عمومی راه) ارائه شده، مطابقت داشته و صحت آنها کنترل گردید.

ترافیکی در سطوح مختلف سطح اطمینان جهت تعیین و انتخاب مطابق اصول فنی و اقتصادی قیر مصرفی مشخص می‌گردد.

قیرهای حاصل شده در سطح اطمینان‌های بالاتر توصیه می‌گردد. براساس این پژوهش، لزوم پهنه‌بندی شاخص عملکردی قیر در سطح کشور با لحاظ شرایط آب‌وهوایی و

## مراجع

- [1] Rooholamini, H., Ghobadipour, B., Soleymani Kermani, M., & Vamegh, M. (2017). "Geographical Zoning of Asphalt Binder for Iran According on Performance Grade", *Journal of Transportation research*, 55, 65-75.
- [2] Kalantar, Sh., & Goli Khorasgani, A. (2016). "Sistan and Baluchestan climatic zoning for the use of bitumen based on the performance indicators PG", *6th International Conference on Sustainable Development and Urban*, 6, 756-765.
- [3] Davari, D., & Davari, P. (2015). "Climatic zoning of East Azarbaijan province for use of bitumen based on PG performance index", *7th Conference on Asphalt and Asphalt Mixes*, 55, 678-685.
- [4] Pszczoła, M., Ryś, D., & Jaskuła, P. (2017). "Analysis of climatic zones in Poland with regard to asphalt performance grading", *Roads and Bridges-Drogi i Mosty*, 16(4), 245-264.
- [5] Abbas, A. S. (2017). "Temperature zoning of Iraq for asphalt mix design", *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 21(5), 54-63.
- [6] Lee, J. S., Kim, J. H., Kwon, O. S., & Lee, B. D. (2018). "Asphalt binder performance grading of North Korea for Superpave asphalt mix-design", *International Journal of Pavement Research and Technology*, 11(6), 647-654.
- [7] Huber, G. A. (1993), "Weather Database for theSUPERPAVE TM Mix Design System". *SHRP-A-648A*, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC.
- [8] Cominsky, A. J., Huber, G. A., Kennedy, T. W., & 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.
- [9] IHAP. (2011). *Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision*. Iran Highway Asphalt Paving. Code No. 234, Tehran, Iran.
- [10] RGTS. (2013). *Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision*, Road General Technical Specification Code No. 101, Second Revision, Tehran, Iran.
- [11] I.R.OF IRAN Meteorological Organization. (2019). *Access historical climate data*. <https://data.irimo.ir/>.
- [12] Naderi, A., & Shahriari, M. (2000). "Premium Pavement Tests and performance ratings of bitumen", *Ministry of Roads and Urban Development*, Research and Training Center.
- [13] Mirmoosavi, S., Forooghi, M., S., & Bakhtaki, S. (2013). "Synoptic Analysis of the Relationship between Temperature, Height, Latitude and Longitude to Evaluate its Impact on Tourism Industry in East Azarbaijan Province", *National Conference on Tourism, Geography and Sustainable Environment*, 1, 3608-3628.