بررسی رابطه بین شاخص خرابی روسازی و عناصر هندسی در محل قوس های راه های دو خطه دوطرفه برون شهری

بهنام امینی[۱]، احسان صولتیان [۲]، بهزاد معین [۳]، مسعود ثبوتی [۴]

[۱] استاد یار و عضو هیئت علمی، دانشگاه بین المللی امام خمینی: bamini@ikiu.ac.ir
[۲] کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه بین المللی امام خمینی؛ esolati@yahoo.com
[۳] کارشناس ارشد مکانیک خاک و پی، باشگاه پژوهشگران جوان، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی زنجان؛ bemoein@gmail.com
[۴] کارشناس ارشد سازه، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی زنجان ؛ m_souboti@yahoo.com

چکیده

در راه های اصلی دو خطه دوطرفه برون شهری، قسمت های منحنی نسبت به قسمت های مستقیم مسیر خرابی بیشتری از خود نشان می دهند. از آنجا که وضعیت سطح راه از جمله عوامل مهم در میزان تصادفات است، در این کار تحقیقاتی وجود ارتباط معنی دار بین میزان خرابی روسازی و عناصر هندسی راه مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، اندازه گیری های میدانی از خرابی ها و عناصر هندسی در تعداد زیادی واحد نمونه در بخش های مستقیم و منحنی سه محور در سه ناحیه مختلف توپوگرافی صورت گرفته تا شاخص خرابی روسازی و عناصر هندسی شامل عرض خط، عرض شانه، شیب طولی، شیب عرضی و شعاع قوس بدست آید. تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم افزار آماری نشان می دهد که در ناحیه کوهستانی رابطه نسبتاً قوی ای بین میزان خرابی روسازی و مجموعه عناصر هندسی برقرار است و در طراحی و اجرای روسازی قوس ها می بایست پتانسیل خرابی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

کلمات کلیدی: خرابی روسازی، عناصر هندسی راه، راه های برون شهری، شاخص خرابی روسازی.

مقدمه

روسازی های آسفالتی موجود در کشورعموماً خیلی زودتر از عمر اسمی خود از بین می روند و در مواردی هم با هزینه های زیاد و روکش نمودن های مکرر باز هم نتیجه مطلوب حاصل نشده و پس از گذشت بخشی از دوره عمر خرابی هایی در سطح روسازی پدیدار می شود که این امر موجب هدر رفتن بسیاری از منابع اقتصادی کشور می گردد. عوامل بسیاری در بروز خرابی ها در رویه های آسفالتی موثرند. تاکنون پژوهشگران به بررسی اثرات بارهای ترافیکی، بارگذاری، طرح بتن آسفالتی، دما، رطوبت، تنش های حرارتی، زهکشی نامناسب روسازی، کیفیت و خواص مصالح، در بروز خرابی های زودرس در رویه های آسفالتی پرداخته اند، اما عاملی که کمتر به آن توجه شده است اثر عوامل طرح هندسی راه می باشد.

در اکثر راههای دو خطه دوطرفه برون شهری مشاهده می شود که خرابی ها در قسمت های قوسی شکل مسیر بیشتر ظاهر می شوند. با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از راههای برون شهری کشور به جاده های اصلی دوخطه دوطرفه اختصاص دارد لذا بایستی با توجه به حجم ترافیک بالای این قبیل راهها، روسازی راه از کیفیت بالایی برخوردار بوده و بتواند در طول دوره طرح وظیفه خود را در حد مطلوب انجام دهد. از طرفی وجود خرابی در سطح روسازی به خصوص در داخل قوس ها می تواند پتانسیل خطر تصادفات وسایل نقلیه را افزایش دهد.

بسیاری از عوامل تاثیر گذار بر خرابی روسازی بین دو بخش مستقیم و منحنی مسیر یکسان عمل می کنند، همچون تغییرات آب و هوایی، تغییرات دما، کیفیت ساخت، نوع و کیفیت مصالح و ترافیک و این امر ایجاب می کند که خرابی های بوجود آمده تابع موقعیت شکل گیریشان نباشند. لذا لزوم بررسی بیشتر در ارتباط با رابطه بین موقعیت خرابی های سطح روسازی و عناصر هندسی در راههای دو خطه دوطرفه برون شهری احساس می گردد.

مروری بر تحقیقات گذشته و ادبیات موضوع

از جمله تحقیقاتی که در زمینه تاثیر عناصر هندسی بر خرابی روسازی انجام شده است می توان به کار ناصری [۱] با عنوان " تاثیر طرح هندسی راه بر خرابی روسازی" اشاره کرد که به بررسی اثر طرح هندسی راه بر میزان ترکهای طولی و عرضی و الگوی تشکیل آنها در رویه های آسفالتی پرداخته و به این نتیجه رسیده است که مقادیر تعداد ترکها و سایر مشخصات ترک از جمله طول و عرض و عمق آن در قوس ها، شیب ها و پل ها بیشتر از مسیرهای مستقیم می باشد.

همچنین بر اساس تحقیقات حلیم و همکارانش[۲] با استفاده از مدلسازی روسازی به کمک برنامه اجزاء محدود که بر روی یک قطعه راه متشکل از دو قسمت منحنی و مستقیم انجام شده ، نشان داده اند که تنش های ایجاد شده در قسمتهای منحنی مسیر سیر بیشتری از تنش های ایجاد شده در قسمتهای مستقیم دارد و به همین خاطر است که قسمتهای منحنی راه ترک خوردگی بیشتری

Archive of SID
www.SID.ir

در مقایسه با قسمتهای مستقیم مسیر دارند. کامبی و همکاران[۳] نیز در تحقیقی تحت حمایت سازمان حمل و نقل تگزاس، به این نتیجه رسیده اند که خرابی پایین افتادگی شانه در محل های خاصی از راههای دو خطه دوطرفه برون شهری همچون شیب های قائم و داخل قوس های افقی برای وقوع محتمل تر از سایر نقاط اند.

اهداف و روش تحقیق

در این مقاله کلیه عوامل موثر بر خرابی روسازی همچون ترافیک و بارگذاری، تغییرات دمایی و آب و هوایی، کیفیت مصالح و اجرا ثابت در نظر گرفته شده و تنها عامل طرح هندسی به عنوان یک عامل متغیر مورد بررسی قرار می گیرد. برای این منظور سه قطعه(شامل بخش مستقیم و منحنی) در سه محور واقع در سه ناحیه مختلف توپوگرافی انتخاب شده و هر قطعه به تعدادی واحد نمونه تقسیم می گردد. در هر واحد نمونه انواع خرابی های روسازی (انواع ترک ها، قیر زدگی، چاله، شیارشدگی و ...) و عناصر هندسی (شامل عرض خط، عرض شانه، شعاع قوس، شیب جانبی و شیب طولی) بر اساس یک روش مشاهده ای برداشت می گردد. در این راستا برای برداشت خرابی ها از مسافت سنج دستی، گونیا، شمشه ۱/۲ متری و یک خط کش میلیمتری برای اندازه گیری عمق شیارها، تورفتگی ها، و پایین افتادگی شانه استفاده شده و از تجهیزاتی همچون دوربین توتال و مترفلزی برای برداشت عناصر هندسی استفاده به عمل آمده است. بر اساس اطلاعات برداشت خرابی ها شاخص خرابی روسازی به عنوان معیار خرابی برآورد و در نظر گرفته می شود. در بخش تحلیل اطلاعات، آزمون آماری به منظور بررسی معنی دار بودن اختلاف بین دو جامعه آماری از شاخص های خرابی بدست آمده در داخل و خارج قوس در هر ناحیه انجام می شود که در صورت وجود سطح معنی داری قابل قبول در اختلاف بین این دو جامعه، ضریب همبستگی بین هر یک از عناصر هندسی و شاخص خرابی روسازی سنجیده شده و رابطه بین این دو دسته از اطلاعات مدلسازی می گردد.

انتخاب موقعیت های آمار گیری و خصوصیات واحدهای نمونه

با توجه به کمبود اطلاعات مستند در زمینه طرح هندسی و تعمیر و نگهداری روسازی ها در راههای دوخطه دوطرفه برون شهری که سالها پیش ساخته شده، اقدام به مراجعه به محل و جمع آوری اطلاعات میدانی شده است. اطلاعات هندسی برداشت شده شامل: عرض خط، عرض شانه، شیب طولی، شیب عرضی و شعاع قوس و اطلاعات مربوط به خرابی ها شامل انواع ترک خوردگی ها (ترک طولی، عرضی، پوست سوسماری، لبه) ، قیرزدگی، پایین افتادگی شانه، چاله، و شیارشدگی می شود. بر این اساس، به منظور بررسی رفتار مقادیر مختلف عناصر هندسی قوس ها بر میزان خرابی روسازی سه محور، محور قدیم زنجان- تبریز در ناحیه دشت، محور زنجان- بیجار در ناحیه تپه ماهوری و محور زنجان- گیلوان واقع در ناحیه کوهستانی ، بر مبنای سه معیار در دسترس بودن محور، اصلی بودن محور و آشنا بودن به مشخصات لایه های روسازی و هندسی محور مطابق با شکل ۱ انتخاب گردید:

شکل۱- موقعیت محورهای مورد بررسی در نواحی مختلف توپوگرافی

پس از انتخاب محورها، از هر محور سه قطعه (شامل قوس و مستقیم) با شرایط زیر انتخاب شدند:

۱- قطعه انتخاب شده نبایستی دسترسی به راههای دیگر داشته باشد.

۲- از تعداد خط عبور یکسانی برخوردار باشد.

۳- در یک زمان و توسط یک پیمانکار مشخص ساخته شده باشد.

۴- طرح مخلوط آسفالت ، ضخامت لایه آسفالتی ، اساس و زیر اساس در طول قطعه باید یکسان باشد .

۵- عمر روسازی ها در قطعه های منتخب از آخرین زمان انجام روکش یکسان باشد.

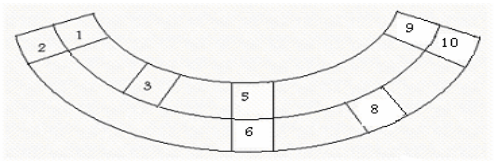
هر قطعه منتخب به ۵ واحد نمونه، شامل یک واحد نمونه قبل قوس ، سه واحد نمونه داخل قوس ، و یک واحد نمونه بعد قوس تقسیم گردید تا بدین ترتیب توزیعی از اطلاعات مربوط به خرابی ها در طول قطعه وجود داشته باشد . به منظور سهولت در برداشت خرابی ها و به دلیل تفاوت در ترافیک رفت و برگشت، هر یک از واحدهای نمونه نیز توسط محور راه به دو بخش تقسیم گردید. بر این اساس و با حذف دو بخش نمونه به صورت تصادفی از داخل قوس به منظور برابر شدن تعداد بخش های نمونه در داخل و خارج قوس، در مجموع یک قطعه به ۸ بخش نمونه تقسیم شد. با توجه به راست گرد یا چپ گرد بودن قوس های راه، شماره گذاری بخش های نمونه به گونه ای انجام گرفت که همواره شماره های فرد در سمت داخل قوس و شماره زوج در سمت خارج قوس قرار گیرد. در این کار پژوهشی برای سهولت کار، حداقل ابعاد مجاز نمونه یعنی یک سطح ۱۴۰ متر مربعی برای بخش های نمونه در نظر گرفته شد. جدول ۱ ابعاد بخش های نمونه را در نواحی مختلف توپوگرافی و شکل های ۲ و ۳ نحوه انتخاب بخش نمونه را در هر ناحیه نشان می دهد.

Archive of SID

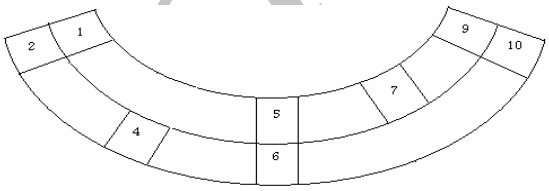
www.SID.ir

جدول ۱- ابعاد بخش های نمونه در نواحی مختلف توپوگرافی.

واحدهای نمونه	ناحیه توپوگرافی		
	دشت	تپه ماهوری	کوهستانی
ابعاد	۲۰ × ۷	۲۲ × ۶/۶	۲۵ × ۵/۷



شکل ۲: بخش های نمونه در ناحیه دشت وقطعات اول و سوم ناحیه کوهستانی



شکل ۳ : بخش های نمونه در ناحیه تپه ماهوری و قطعه دوم ناحیه کوهستانی

جمع آوری اطلاعات

در این تحقیق، اطلاعات هندسی شامل شعاع قوس، شیب عرضی سواره رو، شیب طولی مسیر، عرض خط و عرض شانه و همچنین اطلاعات مربوط به خرابی ها شامل سطح شدت هر خرابی، طول، عرض و عمق ترک (انواع ترک خوردگی ها شامل ترک خوردگی طولی، عرضی، ترک خوردگی لبه، ترک خوردگی پوست سوسماری) و مساحت خرابی ها(خرابی هایی همچون شیارشدگی، قیرزدگی، چاله، تورفتگی، ترک خوردگی پوست سوسماری) و عمق خرابی (پایین افتادگی شانه، چاله، شیارشدگی، تورفتگی) در ۷۲ بخش نمونه واقع در سه محور در سه ناحیه مختلف توپوگرافی برداشت گردید. عناصر هندسی همچون شعاع قوس، شیب عرضی و وطولی با استفاده از دوربین توتال و با برداشت نقاطی با فاصله مشخص در دوطرف لبه و محور راه تعیین گردید. همچنین با استفاده از یک متر فلزی مساحت خرابی ها، و با استفاده از گونیا ، شمشه ۱/۲ متری ، و خط کش میلیمتری ، اطلاعاتی همچون عمق ترک، عمق چاله ، پایین افتادگی شانه ، عمق شیارشدگی و تورفتگی ها برداشت شد. برداشت خرابی ها بر مبنای دستورالعمل شناسایی خرابی ها[۴] صورت گرفت. خلاصه ای از اطلاعات هندسی برداشت شده به شرح جداول۲ و۳ می باشد.

جدول ۲ - شعاع قوس های منتخب در نواحی مختلف توپوگرافی بر حسب متر

شماره قوس	نوع منطقه		
	دشت	تپه ماهوری	کوهستانی
۱	۸۷۰	۵۶۰	۳۷۰
۲	۷۸۰	۴۸۰	۷۰
۳	۹۶۰	۶۰۰	۱۳۰

جدول۳- محدوده شیب عرضی، شیب طولی، و مجموع عرض خط و شانه در دو ناحیه تپه ماهوری و کوهستانی

قطعه	ناحیه تپه ماهوری		
	شیب عرضی(٪)	شیب طولی(٪)	مجموع عرض خط و شانه(متر)
۱	۳-۲/۳	۳/۸-۳	۴/۸-۴/۴
۲	۳/۳-۲/۵	۴/۴-۳/۷	۴/۸-۴/۳
۳	۲/۵-۲	۵/۱-۳/۸	۴/۷-۴/۳

قطعه	ناحیه کوهستانی		
	شیب عرضی(٪)	شیب طولی(٪)	مجموع عرض خط و شانه(متر)
۱	۳/۵-۳	۷/۶-۷/۲	۳/۶۵-۳/۱۵
۲	۴/۵-۳/۵	۹/۳-۹/۱	۳/۸۵-۳/۱
۳	۴-۳/۲	۹/۷-۹/۴	۳/۵-۳/۱۵

تحلیل اطلاعات

ابتدا بر اساس اطلاعات گرد آوری شده، شاخص خرابی روسازی برای هر واحد نمونه تعیین گردید. در روند محاسبه شاخص خرابی روسازی، در مرحله اول، ضرائب کاهندگی مربوط به هر خرابی تعیین می شود. این ضرائب نوعی ضرائب وزنی هستند که میزان تاثیر هر یک از ترکیبات نوع و سطح شدت هرخرابی و تراکم آن را بر وضعیت روسازی نشان می دهد. پس از تعیین ضرائب کاهندگی مربوط به هر خرابی این ضرائب به ترتیب نزولی مرتب شده و حداکثر تعداد مجاز ضرائب کاهندگی (m) برای راههای دارای رویه آسفالتی از رابطه زیر مشخص می گردد.

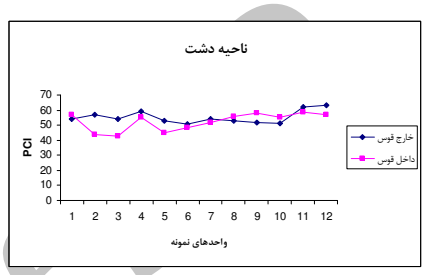
$$m_i = 1 + (9/98)(100 - HDV_i) \qquad (۱)$$

که در آن mi تعداد مجاز ضرائب کاهندگی با احتساب اعشار برای واحد نمونه i و HDVi بزرگ ترین ضریب کاهندگی جزء برای واحد نمونه i است.

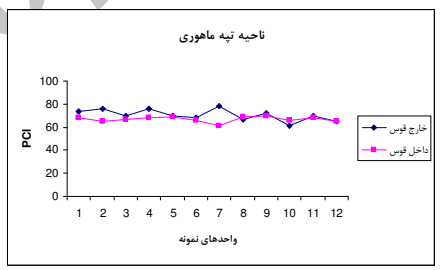
Archive of SID

www.SID.ir

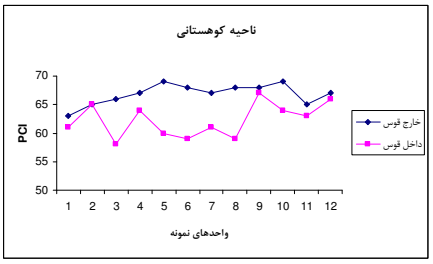
در مرحله بعد حداکثر ضریب کاهندگی اصلاح شده محاسبه می گردد. بدین ترتیب که با در دست داشتن تعداد ضرائب کاهندگی بزرگتر از ۲ ($q\geq 2$) و ضریب کاهندگی کل(CDV) که با جمع کردن همه ضرائب کاهندگی جز با یکدیگر بدست می آید) مقدار CDV با استفاده از منحنی های تصحیح مربوط تعیین میگردد. سپس کوچکترین ضریب کاهندگی جزء که بزرگتر از ۲ است به ۲ تقلیل یافته و این مراحل آنقدر تکرار می گردد تا مقدار q برابر با ۱ شود. مقدار شاخص خرابی روسازی با کم کردن ۱۰۰ از مقدار حداکثر CDV اصلاح شده بدست می آید[۵]. نتایج مربوط به محاسبه شاخص خرابی روسازی برای واحدهای نمونه واقع در هر ناحیه توپوگرافی در شکل های ۴ تا ۶ نشان داده شده است .



شکل۴- نمودار تغییرات شاخص خرابی روسازی در داخل و خارج قوس ناحیه دشت



شکل ۵ – نمودار تغییرات شاخص خرابی روسازی در داخل و خارج قوس ناحیه تپه ماهوری



شکل ۶ – نمودار تغییرات شاخص خرابی روسازی در داخل و خارج قوس ناحیه کوهستانی

در مرحله بعد آزمون t نمونه های مستقل روی جامعه شاخص های خرابی روسازی در داخل و خارج قوس در هر ناحیه توپوگرافی صورت گرفت تا اینکه مشخص گردد آیا اختلاف معنی داری بین این دو جامعه آماری وجود دارد یا نه. نتایج مربوط به این آزمون در هر ناحیه در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول۴- نتیجه آزمون t در سه ناحیه توپوگرافی

نوع ناحیه توپوگارفی	آماره آزمون t	سطح معنی داری آزمون	اختلاف میانگین ها
ناحیه دشت	-۱/۵۳	۰/۱۳۹	-۳/۱۶
ناحیه تپه ماهوری	-۲/۳۵	۰/۰۲۸	-۳/۸۱
ناحیه کوهستانی	-۵/۰۴	۰/۰۰۴	-۵/۲۳

نتایج جدول۴ حاکی از آن است که در ناحیه دشت نمی توان فرضیه صفر آزمون t را مبنی بر مستقل نبودن دو جامعه آماری از شاخص های خرابی روسازی در داخل و خارج قوس با سطح اطمینان ۹۵٪ رد کرد ولی در دو ناحیه تپه ماهوری و کوهستانی اختلاف بین PCI های داخل و خارج قوس معنی دار است و می توان مستقل بودن این دو جامعه آماری را نتیجه گرفت.

به منظور شناسایی درجه همبستگی متغیرهای هندسی با شاخص خرابی روسازی ، ماتریس همبستگی به تفکیک در دو ناحیه تپه ماهوری و کوهستانی تشکیل شد . نتایج حاصل از این جدول نشان می دهد که در هر دو ناحیه تپه ماهوری و کوهستانی شاخص خرابی روسازی با دو عنصر هندسی شعاع و شیب عرضی، درسطح اطمینان ۹۵٪ و با همبستگی قوی به هم مربوط اند. در مرحله بعد در این دو ناحیه بین مجموعه اطلاعات هندسی به عنوان متغیرهای مستقل با شاخص خرابی روسازی به عنوان متغییر وابسته رگرسیون خطی برقرار گردید. جداول ۵ و۶ نتایج مربوط به مدلسازی ناحیه تپه ماهوری را نشان می دهد.

جدول۵– جدول خلاصه مدل برای رگرسیون مجموعه عناصر هندسی بر شاخص خرابی روسازی در ناحیه تپه ماهوری

مدل	ضریب همبستگی چندگانه	ضریب تعیین چندگانه	ضریب تعیین چندگانه تعدیل یافته	انحراف معیار ضریب تعیین چندگانه
	۰/۶۳۹	۰/۴۰۹	۰/۲۸۴	۲/۶۵۰۶۸

جدول ۶- جدول آنالیز واریانس برای رگرسیون خطی مجموعه عناصر هندسی بر شاخص خرابی روسازی در ناحیه تپه ماهوری

مدل		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره فیشر	سطح معنی داری
	رگرسیون	۹۲/۳۴۳	۴	۲۳/۰۸۶	۳/۲۸۶	/۰۳۳
	باقی مانده	۱۳۳/۴۹۶	۱۹	۷/۰۲۶		

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار ضریب تعیین در جدول ۵ نشان می دهد که در ناحیه تپه ماهوری، رگرسیون خطی مجموعه عناصر هندسی بر شاخص خرابی روسازی به تنهایی در حدود ۴۱٪ از کل تغییرات را توجیه می کند. همچنین ضریب همبستگی بین مقدار مشاهده شده متغیر وابسته و مقدار پیش بینی شده آن از روی مدل رگرسیون ۰/۶۴ است.

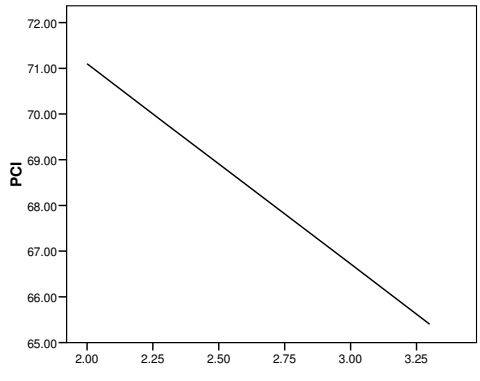
مقدار سطح معنی داری بدست آمده برای آزمون فیشر در جدول ۶ بیانگر این است که فرضیه صفر این آزمون را مبنی بر معنی دار نبودن رگرسیون خطی می توان در سطح اطمینان ۹۵٪ رد کرد. لذا رگرسیون خطی مجموعه عناصر هندسی بر شاخص خرابی روسازی معنی دار است و رابطه آن مطابق با معادله ۲ می باشد.

$$PCI = 1.93\ W - 4.38\ C + 2.15\ E\text{-}005R - 2.27\ Grade + 79.86 \quad (۲)$$

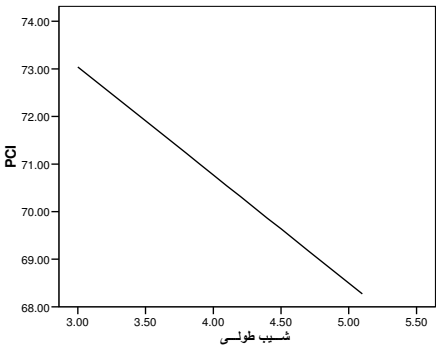
R^2=۰/۴۰۹

که در آن PCI شاخص خرابی روسازی، W مجموع عرض خط و شانه بر حسب متر، C شیب جانبی بر حسب درصد، R شعاع قوس بر حسب متر، و G شیب طولی بر حسب درصد است.

رابطه بالا بیانگر این است که با در نظر گرفتن هر یک از متغیرهای مستقل به تنهایی و ثابت گرفتن بقیه متغیرهای مستقل ، افزایش یک واحدی در مقدار عرض خط باعث افزایش ۱/۹۳ واحدی در مقدار PCI، افزایش یک واحدی در شیب عرضی موجب کاهش ۴/۳۸ واحدی در مقدار PCI، افزایش یک واحدی در شعاع باعث افزایش ۲/۱۵E-۰۰۵ واحدی در PCI و بالاخره افزایش یک واحدی در شیب طولی باعث کاهش ۲/۲۷ واحدی در مقدار PCI می شود. با توجه به معادله ۲، شعاع و عرض خط تاثیر چندانی روی مقدار PCI ندارد و در شکل های ۷ و ۸ تحلیل حساسیت PCI نسبت به شیب طولی، شیب عرضی و عرض خط در ناحیه تپه ماهوری نشان داده شده است.



شکل۷ - تحلیل حساسیت شاخص خرابی روسازی نسبت به شیب عرضی در ناحیه تپه ماهوری



شیب طولی(%)

شکل ۸- تحلیل حساسیت شاخص خرابی روسازی نسبت به شیب طولی در ناحیه تپه ماهوری

جداول ۷ و ۸ نتایج مربوط به مدلسازی ناحیه کوهستانی را نشان می دهد.

جدول۷ – جدول خلاصه مدل برای رگرسیون خطی مجموعه عناصر هندسی بر شاخص خرابی روسازی در ناحیه کوهستانی

مدل	ضریب همبستگی چندگانه	ضریب تعیین چندگانه	ضریب تعیین چندگانه تعدیل یافته	انحراف معیار ضریب تعیین چندگانه
	۰/۸۱۹	۰/۶۷۱	۰/۶۰۲	۲/۰۹۹۸۹

جدول ۸- جدول آنالیز واریانس برای رگرسیون خطی مجموعه عناصر هندسی بر شاخص خرابی روسازی در ناحیه کوهستانی

مدل		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره فیشر	سطح معنی داری
	رگرسیون	۱۷۰/۸۴۴	۴	۴۲/۷۱۱	۹/۶۸۶	۰/۰۰۰
	باقی مانده	۸۳/۷۸۱	۱۹	۴/۴۱		

مقدار ضریب تعیین در جدول ۷ بیانگر این است که در ناحیه تپه ماهوری رگرسیون خطی مجموعه عناصر هندسی بر شاخص خرابی روسازی به تنهایی در حدود ۶۷٪ از کل تغییرات را توجیه می کند. همچنین شاخص خرابی روسازی با ضریب همبستگی خطی ۰/۸۲ به مجموعه عناصر هندسی وابسته است. مقدار سطح معنی داری بدست آمده برای آزمون فیشر نیز در جدول ۸ حاکی از آن است که رگرسیون خطی مجموعه عناصر هندسی بر شاخص خرابی روسازی در ناحیه کوهستانی معنی دار است و رابطه آن مطابق با معادله ۳ می باشد.

$$PCI = 1.81\ W - 5.6\ C + 0.0002\ R - 0.09\ G + 86.9 \quad (۳)$$

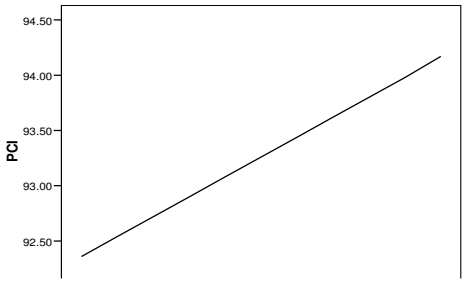
Archive of SID

www.SID.ir

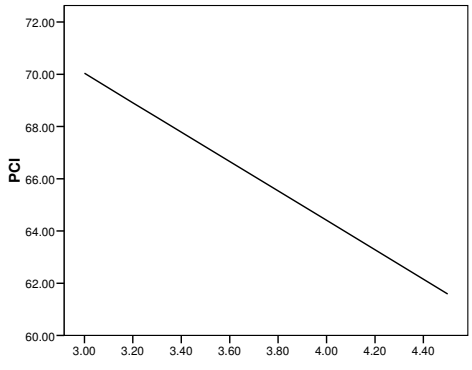
$R2=۰/۶۷$

که در آن PCI شاخص خرابی روسازی، W مجموع عرض خط و شانه بر حسب متر، C شیب جانبی بر حسب درصد، R شعاع قوس بر حسب متر، G شیب طولی بر حسب درصد است.

این رابطه بیانگر این است که با در نظر گرفتن هر یک از متغیرهای مستقل به تنهایی و ثابت گرفتن بقیه متغیرهای مستقل، با افزایش یک واحدی در مقدار عرض خط و شانه، PCI به میزان ۱/۸۱ واحد افزایش، با افزایش یک واحدی در مقدار شیب عرضی PCI به میزان ۵/۶۳ واحد کاهش، افزایش یک واحدی در مقدار شعاع موجب افزایش ۰/۰۰۰۲ واحدی در مقدار PCI و بالاخره افزایش یک واحدی در مقدار شیب طولی موجب کاهش ۰/۰۹۲ در مقدارPCI می شود. در این رابطه شعاع قوس و شیب طولی تاثیر ناچیزی روی مقدار PCI دارد لذا در شکلهای ۹ و۱۰ تحلیل حساسیت PCI نسبت به متغیرهای شیب عرضی، و عرض خط نشان داده شده است.



شکل ۹- تحلیل حساسیت شاخص خرابی روسازی نسبت به مجموع عرض خط و شانه در ناحیه کوهستانی



شکل۱۰- تحلیل حساسیت شاخص خرابی روسازی نسبت به شیب عرضی در ناحیه کوهستانی

نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی میزان تاثیرگذاری عناصر هندسی قوس های راه های اصلی دو خطه دوطرفه برون شهری بر میزان خرابی روسازی که از عوامل موثر در وقوع تصادفات است پرداخته شده است. در این راستا کلیه عوامل موثر بر خرابی روسازی همچون ترافیک، بارگذاری، شرایط آب و هوایی، تغییرات دما، نوع و کیفیت مصالح و کیفیت اجرا ثابت فرض شده و تنها عامل طرح هندسی به عنوان متغیر در نظر گرفته شد. برای این منظور اطلاعات هندسی و خرابی روسازی در ۷۲ واحد نمونه واقع در ۳ محور در سه ناحیه مختلف توپوگرافی برداشت شد. با توجه به تحلیل صورت گرفته در این تحقیق مشخص شد که نوع ناحیه توپوگرافی که راه در آن قرار دارد تاثیر بسزایی بر روی عملکرد روسازی ها دارد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که در ناحیه دشت بین PCI های داخل و خارج قوس تفاوت معنی داری وجود ندارد ولی در دو ناحیه تپه ماهوری و کوهستانی این تفاوت مهم و قابل توجه است. همچنین در هر دو ناحیه تپه ماهوری و کوهستانی مدل رگرسیون خطی مدل مناسبی برای بیان تغییرات PCI نسبت به مجموعه عناصر هندسی است. مقایسه روابط بدست آمده در نواحی تپه ماهوری و کوهستانی بین مجموعه عناصر هندسی به عنوان متغیرهای مستقل و شاخص خرابی روسازی PCI به عنوان متغیر وابسته ، حاکی از آن است که این رابطه در ناحیه کوهستانی قویتر از ناحیه تپه ماهوری است و شاخص خرابی روسازی با همبستگی بیشتری به مجموعه عناصر هندسی وابسته است. همچنین شیب عرضی در هر دو ناحیه تپه ماهوری و کوهستانی بیشترین اثر منفی را روی شاخص خرابی روسازی دارد

مراجع

[۱]- ناصری ، م . " تاثیر طرح هندسی راه بر خرابی روسازی راه" . پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه علم و صنعت ایران، (۱۳۸۰).

[2]-Abd El Halim ,A.O., Abd El Nabi, R.M., Abd El Aleem,A.,Easa,S.M. and Haas,R., " Effect of Geometry and Construction Equipment on the Problem of Reflection Cracks".Reflective Cracking in Pavement Edited by L.Francken,E.Beuving and A.A.A, Molenaa, (1996).

[3]-Cumby, T. K., W. D. Lawson, and M. S. Hossain, "Best practices for pavement edge maintenance" Texas Department of Transportation, (2003).

[4]-Federal Highway Administration (FHWA), "Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program" , U.S. Department of Transportation, (2003).

[۵]- عامری،م. افتخار زاده، ف ." مدیریت روسازی برای راهها ، فرودگاهها ، و پارکینگ ها" انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (۱۳۷۸).

Archive of SID

www.SID.ir