

کاربرد گرمانگاری بوسیله اشعه مادون قرمز در یافتن ترکهای آسفالت

سید محمد امین ندائی^۱، حدیث السادات ازهر^۲

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران دانشگاه رازی

۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران دانشگاه رازی

amin.nedae@gmail.com

خلاصه

در این پژوهش، مطالعاتی که برای ارزیابی کاربرد گرمانگاری بوسیله اشعه مادون قرمز برای یافتن ترک های آسفالت انجام شده است ارائه می شود. این کار در گذشته عموماً بوسیله عکس های آنالوگی و دیجیتالی که در طیف های مرئی از نور گرفته می شود، انجام می شد. وجود سایه، نور کم، ترک های سفید، و بسیاری دیگر از مشکلات باعث شده که یافتن و تشخیص ترک به صورت مکانیزه انجام بگیرد. هدف از انجام این پژوهش آزمودن فرضیه ای است که در آن ترک های آسفالتی تغییراتی در وضعیت سطح ایجاد می کنند و این قابلیت انتشار اشعه در آسفالت ترک خورده باعث می شود که تفاوت دمایی در آسفالت بوجود آید و بدین ترتیب دوربین های مادون قرمز تشخیص دهنده ترک، آن را ثبت می کنند. این مقاله گرفتن عکس با تکنیکهای سنتی و همچنین دوربین های مادون قرمز را مورد بررسی و مقایسه قرار می دهد. پارامترهای بسیاری در این مقاله مورد بحث قرار گرفتند که از آنها می توان به این موارد اشاره کرد: انتخاب ناحیه عملکرد اشعه مادون قرمز، استفاده از لنزهای مختلف، نوردهی در طول روز و شب، ارزیابی روسازی های موجود، مقایسه عملکرد مادون قرمز در شب و روز، مقایسه عملکرد آن در وضعیت های تر و خشک و نتایج نشان می دهد تحت شرایط صحیح عکس برداری با مادون قرمز می توان نتایج بسیار دقیقی در مورد وضعیت روسازی بدست آورد و تشخیص ترکهایی بسیار کوچک (با عرضی در حدود ۱ تا ۲ میلی متر) را ممکن ساخت که در عمل بوسیله دوربین های سنتی غیر ممکن است.

کلمات کلیدی: گرمانگاری، اشعه مادون قرمز، ترک های آسفالت

مقدمه

در کشور ما با توجه به روبه رشد بودن صنعت حمل و نقل، و نیاز به داشتن راههای بیشتر و ایمن تر، مقوله نگهداری و ترمیم راههای موجود به یک مسئله حیاتی برای جلوگیری از هدر رفتن بودجه کشورها تبدیل شده است.

در کشور ما با وجود چهار فصل آب و هوایی و دقت پایین در اجرای طرح های عمرانی، نیاز به ترمیم و نگهداری راهها و روسازی آنها بیش از پیش حس خواهد شد.

ارزیابی وضعیت آسفالت یک امر بسیار حیاتی برای تشخیص قسمت های فرسوده و برنامه ریزی و تخصیص بودجه برای آنها است.

مواد وقتی ترک می خورند که در معرض تنش هایی بیش از ظرفیت خود باشند. عبور و مرور وسایل نقلیه باعث گسترش ترک ها شده و به خرابی بیشتر رویه و لایه های زیر روسازی می انجامد به طوری که اجازه نشت آب به لایه های زیرین را خواهد داد و پدیده یخ زدن و ذوب شدن آب خرابی را سرعت می بخشد. شسته شدن خاکها، نشست روسازی و دیگر مکانیسم ها را مختل خواهد کرد. به همین دلیل، شناسایی مناطق ضعیف و ترک ها به راهداری این امکان را خواهد داد که با ترمیم به موقع، اثرات منفی را کم کرده و طول عمر روسازی را افزایش دهد.

معرفی

بهترین گزینه برای ارزیابی وضعیت روسازی استفاده از روشهای غیر مخرب است. بعلت مساحت زیاد زیربنای جاده ها، کنترل و ارزیابی وضعیت آسفالت کاری با مقیاس بزرگ بسیار سخت و زمان بر خواهد بود. تکنولوژی های مرسوم برای این کار، گرفتن عکس هایی از جاده ها بوسیله دوربین های دیجیتال و آنالوگ است. این سیستم های تشخیص ترک شامل عکس گرفتن بوسیله سخت افزارها و نرم افزارهایی است که قادر به تشخیص ترک هایی در حدود ۲ میلیمتر پهنا نیز هستند.

این سیستم ها برای گرفتن عکس از سطح آسفالت وابسته به سیستم های نور دهی هستند و به طور کلی در وضعیت های زیر دچار مشکل می شوند.

۱- وجود ترک های سفید که با این وسیله رنگ زمینه ی متفاوت و مناسبی را بروز نمی دهند و تشخیص دقیق ترک را مشکل می کنند.

۲- ترکهای چسبیده و تعمیر شده که موجب آن می شود که درزگیر وضوح عکس را تحت تأثیر قرار دهد.

۳- ترک هایی که بر جاده عمودند.

۴- ترک های پر پیچ و خم که اغلب به صورت تعدادی ترک تشخیص داده می شوند.

۵- ترکهایی که در معرض سائیدن زیاد قرار گرفته اند. در این مورد وضوح پایین بزرگترین مشکل برای تشخیص ترک ها است.

۶- ترکهایی با پهنای کمتر از ۲ میلیمتر به طور قابل اطمینانی قابل تشخیص نیستند. زیرا تشخیص آنها بوسیله فاکتورهایی همچون ناهمواری در طول

لبه ی ترکها، وضعیت های مختلف وجود نور مانند زاویه تابش خورشید، یا جهت نور افکن و عمق ترک ها، تحت تأثیر قرار می گیرند.

انواع ترک های آسفالت:

۷ نوع ترک در آسفالت رخ می دهد این ترک ها عبارتند از: انعکاسی، بلوکی، لبه ای، مفصلی، لغزشی، دمایی و پوست سوسماری.

ترکهای انعکاسی زمانی رخ می دهند که یک ترک موجود در لایه زیرین روسازی روبه بالا و سطح جدید آسفالت پیشروی کند. ترکهای بلوکی مانند طرح

های مستطیلی ظاهر می شوند که در این حالت ترک هایی با زوایایی نزدیک به ۹۰ درجه از یکدیگر عبور می کنند. ترکهای لبه ای موازی با جاده و یا در

فاصله ای حدود ۳۰ سانتیمتر از لبه جاده بوجود می آیند. ترکهای مفصلی در لبه های لایه هایی که یک جا ریخته شده اند در حین ساخت بوجود می

آیند. ترکهای لغزشی به شکل نیم دایره هستند و بوسیله وقوع تغییر جهت یا ارتفاع یا سرعت عبور و مرور و همچنین در مناطقی که شیب زیاد است

بوجود می آید. ترکهای دمایی بدلیل تغییرات دمایی در مواد تشکیل دهنده مخلوط آسفالت بوجود می آیند و ترک های پوست سوسماری در روسازی

های انعطاف پذیر رخ می دهند که با گذشت زمان صلب تر شده اند و در معرض تغییر شکل های بزرگ افقی و عمودی قرار دارند. (شکل های ۱ تا ۳)



شکل ۳- ترکهای بلوکی



شکل ۲- ترکهای انعکاسی



شکل ۱- ترکهای سوسماری

روش کار:

اصول کاربرد گرمانگاری با اشعه مادون قرمز برای ارزیابی ترک آسفالت، بدین صورت است که این دوربین ها دارای سنسورهای گیرنده گرما هستند. هنگام عکس برداری از سطح روسازی اختلاف گرمای تابیده شده از قسمت های سالم روسازی و قسمت های ترک خورده آن باعث می شود که قسمت ترک خورده خود را در عکس نشان دهد. برای دست یافتن به عکس هایی با وضوح و دقت بالاتر بایستس سطح آسفالت گرم باشد. این گرما را می توان با عکس برداری در طول روز و استفاده از گرمای خورشید و یا با استفاده از منبع گرمایی دیگری تامین نمود.

پارامتر هایی که بر روی استفاده از این نوع عکس برداری و تکنولوژی گرمانگاری برای تشخیص ترکهای آسفالت تاثیر گذار هستند، در زیر آمده اند.

۱- مقایسه عکس برداری با مادون قرمز در فاصله دور و نزدیک.

۲- عکس برداری به صورت بصری درمقایسه با عکس برداری با مادون قرمز در زیرنورخورشید یا در سایه.

۳- مقایسه عکس برداری با مادون قرمز در هنگام شب و روز.

۴- مقایسه عکس برداری مادون قرمز در هنگام شرایط خشک و تر.

۵- عکس برداری از درزهای اتصال آسفالت.

۶- عکس برداری از روسازی های صلب و انعطاف پذیر.

۷- تشخیص اتوماتیک ترک های آسفالت.

۸- عکس برداری در حال حرکت با سرعت بزرگراه.

مقایسه عکس برداری با مادون قرمز در فاصله دور و نزدیک:

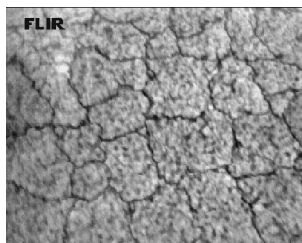
می دانیم که دوربین های گرما نگاری که در نزدیک سطح عمل می کنند برای عکس برداری از سطوح گرم ارجح تر هستند. این موضوع به این دلیل است

که سنسورها در این شرایط برای دریافت انرژی نسبتاً بالای باز تابش شده از سطح بسیار مؤثر و کار آمد عمل خواهند کرد.

نوعی دوربین مادون قرمز که ملقب به دوربین مادون قرمز سرد (FLIR) است در بازه ۳ تا ۵ میکرومتر کار می کند. به سرعت ثابت شد که سطوح

آسفالتی، که بوسیله خورشید گرم شده بودند به اندازه ای که عکس هایی با کیفیت های بالا را بتوان از آنها گرفت گرم نبودند. عکس های بهتری می توان

با استفاده از دوربین های مادون قرمزی که در فاصله دور و در بازه ۷/۵ تا ۱۲ میکرومتر به کار می روند، از این ترک ها گرفت (شکل ۴).



شکل ۴- عکس برداری از فاصله دور

وقتی که خورشید یا دیگر منابع گرمایی وجود ندارند، انرژی ساطع از سطح آسفالت به اندازه ی کافی نخواهد بود و بوسیله دوربین مادون قرمز دریافت نمی شود. مشکلی مشابه این مسئله هنگامی که هوا ابری باشد و یا باد قوی در محل عکس برداری در حال وزیدن باشد، بوجود خواهد آمد. محققان به این نتیجه رسیدند که سطح آسفالت باید بوسیله آفتاب یا دیگر منابع گرمایی، گرم شود تا بتوان بهترین نتایج عکس برداری گرمانگاری را بدست آورد.

عکس برداری به صورت بصری درمقایسه با عکس برداری با مادون قرمز در زیرنورخورشید یا در سایه:

عکس های متعددی از مناطقی مشابه بوسیله دوربین های دیجیتالی و سپس با دوربین های گرمانگاری گرفته شده است. هدف از این بررسی مقایسه کیفیت و درستی عکس هاست. در این آزمایشات از دوربین های FLIR استفاده شده است. (شکل ۵)

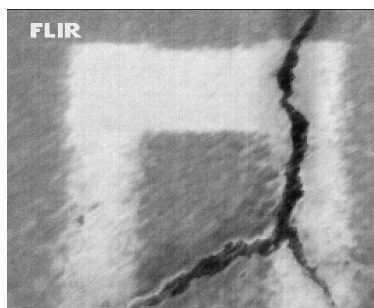


شکل ۵- دوربین مادون قرمز

کیفیت عکس های گرمانگاری وابسته به قدرت تشخیص سنسورهای ثبت دما هستند. در هر دو شرایط آفتابی یا سایه، کیفیت عکس های گرمانگاری عالی بوده اند. با اینکه بزرگنمایی آنها 240×320 بوده ولی بسیار متفاوت از عکس های سنتی دوربین های دیجیتالی با بزرگنمایی 536×2056 هستند.

مقایسه عکس برداری با مادون قرمز در هنگام شب و روز:

برای بررسی اثر گرمای طول روز بر روی کیفیت عکس های گرمانگاری بسیاری عکس ها در طول ساعات مختلف شب و روز انجام شده است، مشاهده شده است که تغییرات سایه ها در طول مدت روز باعث سرد شدن در بعضی مناطق شده و بر روی کیفیت تشخیص ترک اثر گذاشته است. دمای محیط در طول آزمایش بین ۱۸ تا ۳۷ درجه سانتیگراد متغیر بوده است. دماهای ترک های آسفالت حدوداً ۶ درجه سانتیگراد از سطح آسفالت کمتر بودند. گرفتن عکس در شب، حتی قبل از طلوع آفتاب، باعث بدست آمدن عکس هایی با کیفیت عالی شده که در شکل ۶ نیز آمده است.

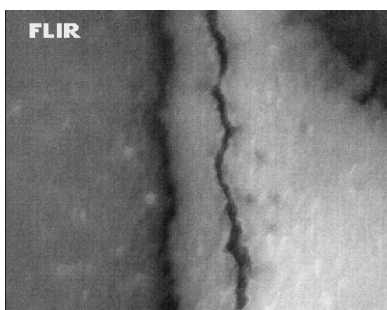


شکل ۶- عکس برداری در شب

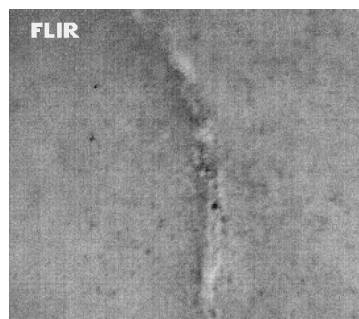
اگر عکس برداری در طول ساعات روز انجام شود، پیشنهاد می شود که سایه ای قبل از عکس برداری در آن منطقه از آسفالت ایجاد شود تا از درخشندگی و دیگر مشکلاتی که به دوربین های مادون قرمز مربوط است جلوگیری شود و از تغییر وضعیت ناگهانی نور در هنگام جابجایی از آفتاب به سایه و برعکس نیز جلوگیری شود. در هر دو حالت روز و شب سطح آسفالت بایستی گرمای کافی بوسیله خورشید یا حرارت جذب کرده باشد تا نتایج عکس برداری قابل قبول شود.

مقایسه عکس برداری مادون قرمز در هنگام شرایط خشک و تر:

بارش باران، و بلاخص وجود یک لایه از آب بر روی سطح آسفالت باعث از بین رفتن دمای سطح آسفالت می شود. این شرایط منتهی به از دست دادن کامل دما و حتی گسیلندگی های متفاوت می شود که باعث می شود عکس های گرفته شده تار شوند (شکل ۷). برای استفاده موفق از دوربین مادون قرمز بایستی سطح جاده کاملاً خشک باشد. مناطق خیس، مخصوصاً لبه ها، باعث تشخیص غلط ترک ها مخصوصاً هنگامی که از نرم افزار تشخیص ترک استفاده می کنیم، می شود (شکل ۸).



شکل ۸- عکس برداری با لبه های خیس



شکل ۷- عکس برداری در حالت خیس

عکس برداری از درزهای اتصال آسفالت:

مقالات بسیاری نوشته شده اند که اثرات ساخت درزهای اتصال آسفالت در ایجاد ترک و ضعیف کردن سطح آسفالت را مورد بحث قرار داده اند. درزها باعث انفصالی در آسفالت می شوند که تفاوت در خصوصیات گرمانگاری سطح ایجاد میکنند، و می توان آن را به وسیله دوربین های گرمانگاری مشاهده نمود. (بدون نیاز به گرمای القایی) شکل ۹ سطح یک جاده در حدود ۲ هفته بعد از ساخت را نشان می دهد در شکل ۱۰ عکس مادون قرمزی از همان راه گرفته شده و به راحتی محل درز اتصال را نشان می دهد.



شکل ۱۰- عکس با دوربین مادون قرمز

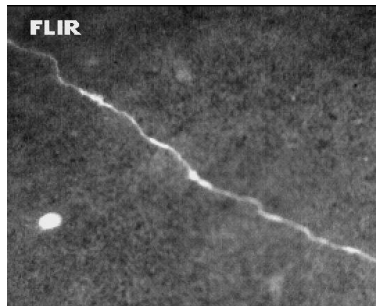


شکل ۹- عکس با دوربین معمولی

تحقیقات در آینده می توانند از این قابلیت در مطالعه اثرات ساخت درزهای اتصال در ایجاد ترک های احتمالی در سطح آسفالت بهره بگیرند.

عکس برداری از روسازی های صلب و انعطاف پذیر:

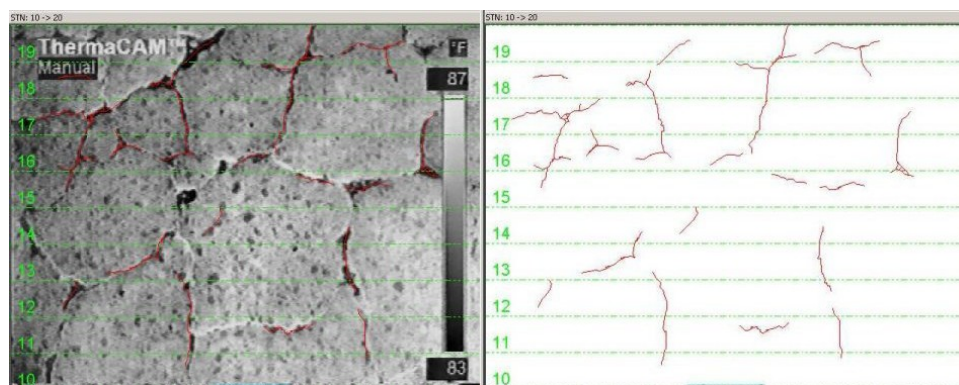
بسیاری از عکس ها هم از روسازی های انعطاف پذیر و هم از روسازی های صلب گرفته شده است. نتایج بدست آمده این بوده است که در شرایط مناسب گرمای روز ترک ها در روسازی های صلب واضح تر از روسازی های انعطاف پذیر بودند (شکل ۱۱)



شکل ۱۱- عکس برداری از روسازی صلب

محققان معتقدند به دلیل همگنی مناسب روسازی های صلب، تغییر گسیلندگی حرارت در این روسازی ها اثرات بیشتری بر عکس های مادون قرمز دارد. تشخیص خودکار ترک های آسفالت:

محققان در کشور آمریکا، از **WiseCrax**، به عنوان یک نرم افزار تشخیص ترک های آسفالت، ساخت کمپانی **Roadware**، برای پردازش عکس های مادون قرمز است، استفاده می کنند. تشخیص خودکار عکس های دوربین مادون قرمز اغلب مفید تر از پردازش عکس های گرفته شده با دوربین های با کیفیت بالای دیجیتالی است. با این روش تشخیص و دیدن ترک هایی با عرض ۱ میلیمتر امکان پذیر خواهد بود. علت آن این است که مشاهده در عکس های مادون قرمز بر اساس تغییر در درجه حرارت و تابندگی است و در عکس برداری سنتی بر تغییر رنگ استوار است (شکل ۱۲)



شکل ۱۲- مدل سازی ترک ها با نرم افزار

عکس برداری در حال حرکت با سرعت بزرگراه:

نمایش و پردازش عکس ها برای صورت وضعیت بزرگراه، شامل جمع آوری میلیون ها عکس می شود. برای این که تکنولوژی در این زمینه قابل استفاده گردد، استفاده کننده از دوربین باید توانایی گرفتن عکس درحالی که دوربین با سرعت بزرگراه در حال حرکت است را داشته باشد. دور بین های مادون قرمزی که برای این منظور به کار می روند، **Merlin** نام دارند که با سیستم **FLIR** کار می کنند. این دوربین دارای دامنه ای طیفی

در حدود ۱ تا ۵ میکرو متر و بزرگنمایی ۳۱۰×۲۵۶ است. دوربین های مادون قرمز به دقت در پشت یک ماشین سوار شده و ثابت می گردند. (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نصب دوربین بر پشت ماشین

فاصله لنز از سطح زمین ۱۳۰ سانتیمتر و از یک لنز ۲۵ میلیمتری استفاده می شود که در این وضعیت دوربین مادون قرمز قادر به عکس برداری از ناحیه ای به مساحت ۳۱۰×۴۸۰ میلیمتر مربع از سطح آسفالت خواهد بود. این آزمایش در آمریکا و در حومه شهر Tampa در ایالت فلوریدا انجام شده است. ماشین با سرعت ۳۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت حرکت کرده و در هر سرعت فیلم های ویدئویی بوسیله دوربین های مادون قرمز از سطح جاده گرفته شده است (شکل ۱۴)

WinWise - Image Analysis7.wcx:1

	A	B	C	D
1	File:	29H0XH00		
2	Section:	107002		
3	Station:	260->270		
4	Frame #:	270		
5	Pave. Code:	0		
6				
7	Chainage	Offset	Length (m)	Width (mm)
8	269.85	0.13	0.06	0.7
9	269.86	0.29	0.06	0.9
10	269.88	0.45	0.1	2.2
11	269.88	0.09	0.07	1
12	269.88	0.23	0.06	1
13	269.98	0.35	0.08	1
14	269.98	0.44	0.05	0.9
15	270	0.06	0.77	1.8
16	270	0.26	0.08	0.9
17				

STN: 260 -> 270

WinWise - Image Analysis7.wcx:1

	A	B	C	D
1	File:	29H0XH00		
2	Section:	107002		
3	Station:	140->150		
4	Frame #:	150		
5	Pave. Code:	0		
6				
7	Chainage	Offset	Length (m)	Width (mm)
8	149.78	0.24	0.06	1.5
9	149.82	0.44	0.09	2.1
10	149.83	0.17	0.06	1.8
11	149.86	0.29	0.07	1.1
12	149.88	0.1	0.19	1.5
13	149.88	0.18	0.19	1.3
14	149.88	0.35	0.08	1.3
15	149.88	0.37	0.08	1.2
16	149.96	0.21	0.19	1.2
17	149.99	0.3	0.41	1.3
18	150	0.09	0.2	1.8
19				

STN: 140 -> 150

شکل ۱۴- عکس برداری در سرعت های ۸۰ و ۶۰ کیلومتری نتیجه گیری:

با توجه به مطالب گفته شده و مقایسه های انجام شده می توان نتیجه گرفت که استفاده از گرمانگاری در بررسی وضعیت روسازی جاده ها اگر به درستی و با رعایت ضوابط و اصول آن صورت گیرد می تواند بسیار مفید واقع شود و به تدریج به طور کامل جای روشهای سنتی عکس برداری را بگیرد. می توان

به بعضی از این ضوابط مانند توجه به فاصله عکس برداری، انتخاب بهترین ساعت شبانه روز برای عکس برداری، توجه به صلب یا انعطاف پذیر بودن روسازی و ... اشاره کرد.

متأسفانه در کشور ما این روش هنوز در حد مطالعات بسیار جزئی است و اطلاع جامعه علمی و مهندسی ما از این فناوری بسیار محدود است. امید است در سالهای آتی بتوانیم از این فناوری در صنعت حمل و نقل استفاده کنیم.

مراجع:

1. <http://www.clavius.org/envradintro.html>
2. Tarek A. Monem, Amr A. Oloufa, and Hesham Mahgoub
University of Central Florida – Center for Advanced Transportation Systems Simulation
3. <http://www.siliconimaging.com/ARTICLES/CMOS%20PRIMER.htm>
4. <http://www.infraredusa.com/what%20is%20infrared.htm>
5. <http://www.go infrared.com>
6. <http://www.sciencedirect.com>