

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

گروه مهندسی راه و ترابری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان:

ارزیابی کیفیت روسازی راه با استفاده از تصاویر
ماهواره ای (مطالعه موردی : جاده شاهرود - سبزوار)

نگارنده: مهران رستمی

اساتید راهنما

استاد راهنمای اول:

دکتر حسین قاسم زاده طهرانی

استاد راهنمای دوم:

دکتر سعید قره چلو

استاد مشاور:

مهندس عباس محمدی

بهمن ۱۳۹۹

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی

ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی: عباس محمدی		نام و نام خانوادگی: حسین قاسم زاده طهرانی
			نام و نام خانوادگی: سعید قره چلو

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی: عبدالاحد چوپانی		نام و نام خانوادگی: ایمان آقایان
			نام و نام خانوادگی: مهدی گلی

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که، هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش، رهنمونان شد و به، هم نشینی

رهروان علم و دانش مفتخران نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی مان ساخت.

تقدیم به:

روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم و به مادرم،

دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

و به: همسرم، اسطوره زندگیم، پناه خستگیم و امید بودم

و نیز: مهربان و مهربانم دو پسرانم

شکر و قدردانی

بر خود واجب می‌دانم از اساتید فرزانه جناب آقای دکتر حسین قاسم زاده طهرانی و جناب آقای دکتر سعید قره‌چلو که به عنوان اساتید راهنما در مراحل مختلف این پایان‌نامه، همواره با سه صدر و گشاده رویی در کنار من بودند و در طول مدت تحصیل از راهنمایی‌های اخلاقی و علمی ایشان بهره‌جسته‌ام شکر و قدردانی نمایم.

در این میان و در امر داوری از اساتید کرامت‌دور جناب آقای دکتر ایمان آقاییان و آقای دکتر مهدی گل‌ی که زحمت داوری رساله اینجانب را قبول فرمودند، قدردانی نموده و برای ایشان آرزوی طول عمر و سربلندی دارم.

همچنین از استاد محترم و کرامی گروه راه و ترابری دانشکده عمران جناب آقای دکتر عبدالاحد چوپانی که همراه مانند برادی دلسوز و معلمی فداکار در طول این مقطع تحصیلی در کنار اینجانب بودند و در دفع این پایان‌نامه نیز افتخار حضور به عنوان نماینده محترم تحصیلات تکمیلی را داشتند کمال شکر و قدردانی را دارم.

تعمدنامه

اینجانب مهران رستمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد (دکتری) رشته عمران دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه . ارزیابی کیفیت روسازی راه با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی : جاده شاهرود سبزوار) تحت راهنمایی اساتید محترم آقای دکتر حسین قاسم زاده تهرانی و آقای دکتر سعید قره چلو متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۹۹/۱۱/۲۹



امضای دانشج

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

از دیر باز پیش بینی بودجه ساخت و تعمیر راه ها یکی از مهمترین مسائل در ردیف بودجه دولت ها بوده است. در مدیریت روسازی و زیرساخت، از اهداف مدیران تشخیص مشکلات برای استفاده از اقدامات پیشگیرانه و توانبخشی اولیه به موقع می باشد. بسیاری از مطالعات و تجربیات سازمان ها نشان داده اند که شناسایی زودهنگام مشکلات با اقدامات پیشگیرانه باعث افزایش عمر کار و کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری راه ها می شود. عملکرد سیستم حمل و نقل عمدتاً بستگی به شرایط جسمی آن دارد و دارایی آن را شامل می شود. بنابراین، حفظ دارایی های موجود و حفظ سیستم حمل و نقل در سطح پایدار بسیار مهم است. مهمترین عوامل طبیعی و انسانی از آسیب رسیدن به آسفالت، سن آسفالت، اکسیداسیون، درجه حرارت، بارهای ترافیکی و خواص مواد پی وی سی آسفالت و ترکیب و سن سطح آسفالت است. تغییر کیفیت روسازی همراه با تغییر در ترکیب شیمیایی آن است که به دلیل جذب اکسیژن؛ بزرگ شدن پلیمر های قیر و تبخیر حلالهای سبک قیر اتفاق می افتد، بنابراین در این پژوهش با بررسی تصاویر ماهواره ای، محاسبه طیف پاسخ آنها برای روسازی های انعطاف پذیر آسفالتی و مقایسه آنها با کیفیت واقعی روسازی، پیش بینی خرابی و عمر روسازی از طریق پردازش تصاویر انجام شده است. منطقه مورد نظر شهر سبزوار و ۳۵ کیلومتر از مسیر بزرگراه آسیایی سبزوار- شاهرود می باشد. این منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک و قاره ای می باشد. در ابتدا پس از بازرسی های میدانی و محاسبات شاخص های خرابی برای جاده مورد نظر با کمک داده های ماهواره ای و طول و عرض جغرافیایی نمونه های بررسی شده، خط مسیر مورد نظر تشکیل می شود. از آرشیو عکس های ماهواره سنتینل ۲ به علت توان تفکیکی نسبتاً بالا، رایگان و در دسترس بودن به عنوان مرجع استفاده شده است. باندهای B۸، B۴، B۳، B۲ به علت پهنای باند ۱۰ متری و توان تفکیکی بین ۴۴۰ تا ۹۰۰ نانومتر نزدیک به طیف پاسخ آسفالت انتخاب شده اند، در نرم افزار اسنپ تحلیل شده و پس از حذف خطاهای موجود، خروجی این باند ها برای نقاط مسیر مورد نظر گرفته شده و با شاخص خرابی و سن روسازی مقایسه شده اند. از تحلیل نتایج، همبستگی بین خروجی های باند B۸ و شاخص خرابی و همبستگی بین B۸، B۳، B۲ و AGE مشاهده می شوند.

کلمات کلیدی: روسازی آسفالتی، سیستم مدیریت روسازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شاخص خرابی روسازی، پردازش تصویر، سنتینل

فهرست مطالب

ی	فهرست جداول
ک	فهرست اشکال
۱	فصل ۱: کلیات
۲	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ روشهای ارزیابی روسازی
۶	۳-۱ کاربرد سنجش از دور (RS) در مدیریت روسازی
۸	۴-۱ معرفی موضوع
۹	۵-۱ ضرورت تحقیق
۱۰	۶-۱ مفروضات تحقیق
۱۰	۷-۱ فرضیه های تحقیق
۱۱	۸-۱ نوآوری تحقیق
۱۲	۹-۱ ساختار پایان نامه
۱۵	فصل ۲ آشنایی با سنجش از دور
۱۶	۱-۲ مقدمه
۱۷	۲-۲ پیشینه سنجش از دور هوایی
۱۸	۳-۲ سنجش از دور چگونه کار می کند؟
۲۰	۱-۳-۲ باند چیست
۲۱	۲-۳-۲ نحوه تشکیل تصویر در پردازش تصاویر

۲-۳-۳ قدرت تفکیک در سنجش از دور ۲۱

۲-۳-۴ سنجش از دور فعال و غیر فعال ۲۲

۲-۳-۵ منحنی رفتار طیفی ۲۳

۲-۳-۶ مزایای استفاده از سنجش از دور ۲۵

۲-۳-۷ کاربرد های سنجش از دور ۲۵

فصل ۳ مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق ۲۷

۳-۱ مقدمه ۲۸

۳-۲ پیشینه مطالعات داخلی انجام شده ۲۸

۳-۳ پیشینه مطالعات خارجی انجام شده ۳۰

فصل ۴ مطالعات میدانی و پردازش تصاویر ماهواره ای ۳۹

۴-۱ مقدمه ۴۰

۴-۲ مراحل تحقیق ۴۰

۴-۳ معرفی منطقه مورد مطالعه ۴۰

۴-۳-۱ شهر سبزوار ۴۰

۴-۳-۲ موقعیت جغرافیایی و ویژگی های طبیعی ۴۱

۴-۴ معرفی مسیر مورد مطالعه و برنامه ریزی مطالعات ۴۲

۴-۵ ماهواره سنتیل دو ۴۳

۴-۵-۱ معرفی ۴۳

۴-۵-۲ نحوه داندلود عکس های ماهواره سنتینل ۲ : ۴۵

۴-۵-۳ باندهای مورد مطالعه در ماهواره سنتینل ۴۷

۴-۵-۴ نحوه پردازش تصاویر ماهواره سنتینل ۲ با کمک نرم افزار اسنپ ۴۸

۵-۵-۴	انواع خطاها و روش حذف آن در عکسهای ماهواره سنتینل	۵۰
۴-۵-۶	پارامترهای آماری اندازه گیری خطا در تصاویر ماهواره ای	۵۱
۷-۵-۴	تصحیحات داده و نتایج عکسهای ماهواره ای	۵۲
۶-۴	نحوه ارزیابی های میدانی و محاسبه شاخص شرایط روسازی :	۵۳
۴-۶-۱	شاخص شرایط روسازی	۵۳
۲-۶-۴	جزئیات روش کار و برداشت های میدانی	۵۴
۷-۴	نتایج ارزیابی های میدانی و تهیه جدول شاخص های PCI	۵۸
۱-۷-۴	الگوریتم محاسبه PCI	۵۹
۲-۷-۴	اولویت های تعمیر و نگهداری	۶۱
۴-۸	طیف سنجی نمونه های آسفالت	۶۲
۹-۴	تشکیل خط مسیر و پیش پردازش تصاویر ماهواره سنتینل-۲ و تطابق آنها با داده های میدانی:۶۳	
۱-۹-۴	نحوه تشکیل خط مسیر مورد مطالعه در نرم افزار Google Earth	۶۳
۲-۹-۴	پیش پردازش تصاویر ماهواره ای sentinel-2	۶۴
۴-۱۰	مشکلات و عواملی که باعث بروز خطا می شوند	۶۵
۱۱-۴	تحلیل و بررسی نتایج	۶۸
۷۹	فصل ۵ بحث بر روی نتایج و ارائه پیشنهادات برای مطالعات آتی	
۱-۵	مقدمه	۸۰
۲-۵	بحث و تفسیر نتایج	۸۱
۳-۵	پیشنهاد برای مطالعات آتی	۸۲

فهرست جداول

- جدول ۴-۱. جدول زیر مشخصات کلی باندهای ماهواره سنتینل ۲ به همراه کاربردها ۴۴
- جدول ۴-۲. لیست عکسهای سنتینل ۲ دانلود شده ۴۷
- جدول ۴-۳. مشخصات باندهای B2 ، B3 ، B4 ، B8A ۴۷
- جدول ۴-۴. انواع خرابی های روسازی انعطاف پذیر آسفالتی و علت آنها ۵۳
- جدول ۴-۵. پرسشنامه بررسی وضعیت روسازی برای نمونه شماره ۳ از قطعه ۱ ۵۶
- جدول ۴-۶. نمونه ای از جدولهای پرسشنامه های مربوط به نمونه ای ۲ تا ۷ ۵۷
- جدول ۴-۷. نمونه یک پرسشنامه و محاسبات آن ۵۸
- جدول ۴-۸. قسمخلاصه نتایج رگرسیون شاخص سن روسازی آسفالتخلاصه نتایج رگرسیون شاخص سن روسازی آسفالتی از نتایج ارزیابی های میدانی ۶۰
- جدول ۴-۹. جدول نهایی نتایج ۶۸
- جدول ۴-۱۰. ماتریس همبستگی شاخص های طیف سنجی ماهواره ای ۶۸
- جدول ۴-۱۱. ماتریس همبستگی شاخص های طیف سنجی ماهواره ای با PCI ۷۰
- جدول ۴-۱۲. ماتریس همبستگی شاخص های طیف سنجی ماهواره ای با سن روسازی ۷۳
- جدول ۴-۱۳. خلاصه نتایج رگرسیون شاخص های خرابی روسازی آسفالتی ۷۵
- جدول ۴-۱۴. نتایج معناداری ضرایب مستقیم پیش بینی کننده شاخص خرابی روسازی ۷۵
- جدول ۴-۱۵. خلاصه نتایج رگرسیون شاخص سن روسازی آسفالت ۷۶
- جدول ۴-۱۶. نتایج معناداری ضرایب مستقیم پیش بینی کننده شاخص سن روسازی ۷۶

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱. شماتیک و تاثیر نحوه مدیریت صحیح تعمیر و نگهداری راه ها در زمان مناسب ۴
- شکل ۱-۲. نحوه پردازش تصاویر ماهواره ای ۱۷
- شکل ۲-۲. طول موج الکترو مغناطیس ۱۹
- شکل ۳-۲. مفهوم باند در پردازش تصاویر ۲۰
- شکل ۴-۲. روشهای مختلف تفکیک در سنجش از دور ۲۲
- شکل ۵-۲. منحنی رفتار طیفی در خاک، آب و پوشش گیاهی ۲۴
- شکل ۶-۲. دستگاه UV- Visible موجود در آزمایشگاه فیزیک ۲۵
- شکل ۷-۲. کاربرد سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات ۲۶
- شکل ۱-۴. موقعیت سبزوار در روی نقشه ایران ۴۱
- شکل ۲-۴. موقعیت جغرافیایی شهر سبزوار ۴۲
- شکل ۳-۴. موقعیت جغرافیایی سبزوار و وضعیت شهرهای همجوار ۴۲
- شکل ۴-۴. خط مسیر مورد مطالعه در Google map 43
- شکل ۵-۴. معرفی خانواده ماهواره سنتینل ۴۴
- شکل ۶-۴. نحوه دسترسی به داده های ماهواره سنتینل ۴۵
- شکل ۷-۴. نحوه دسترسی به آرشیو عکسهای ماهواره سنتینل ۲ در سایت سازمان فضایی اروپا ۴۵
- شکل ۸-۴. روش انتخاب مسیر مورد نظر و وارد کردن جزئیات جستجو در سایت سنتینل ۴۶
- شکل ۹-۴. نمونه عکس هوایی سنتینل ۲ دانلود شده ۴۶
- شکل ۱۰-۴. نحوه نمایش و پردازش عکس مسیر مورد نظر در نرم افزار اسنپ ۴۶
- شکل ۱۱-۴. نحوه برداشت داده ها در نمونه های تصادفی ۵۵
- شکل ۱۲-۴. نمونه هایی از خرابی های مشاهده شده در طول مسیر مورد مطالعه ۵۷
- شکل ۱۳-۴. نمودار ستونی وضعیت کلی PCI، تعیین حدود و نوع فعالیت تعمیر و نگهداری آن ۶۱
- شکل ۱۴-۴. نمودار طیف پاسخ برای سه نوع آسفالت مورد بررسی بر حسب سن روسازی ۶۲
- شکل ۱۵-۴. نحوه تشکیل خط مسیر مورد نظر در نرم افزار Google earth ۶۴
- شکل ۱۶-۴. تصویر منطقه مورد نظر قبل از پردازش تصاویر ۶۵
- شکل ۱۷-۴. مشخص نمودن خط مسیر در نرم افزار ۶۷
- شکل ۱۸-۴. نمودار پراکندگی PCI نسبت به AGE ۶۹
- شکل ۱۹-۴. کیفیت پایین روسازی در محل پلیس راه با وجود سن کم روکش ۷۰
- شکل ۲۰-۴. پراکندگی باند ها در مقایسه با PCI ۷۲
- شکل ۲۱-۴. پراکندگی باند ها در مقایسه با AGE 74

فصل ۱: کلیات

۱-۱ مقدمه

طراحی هندسی راه و ساخت آن برای دولت ها بسیار پر هزینه و مهم است ، پیش بینی بودجه آن در هر دولت جزء وظایف خطیر مدیران آن دولت هاست و تامین اعتبار کافی برای این منظور چالشی است که مدیران عالی همواره با آن مواجه هستند. به عنوان مثال در کشور ایران بخش قابل ملاحظه ای از این بودجه از طریق فروش نفت و مشتقاتش بدست می آید به همین دلیل سیستم مدیریت روسازی جاده ها^۱ (PMS) جزء سرمایه های ملی کشورها محسوب می شوند ، بخش قابل ملاحظه ای از این بودجه صرف ترمیم، بهسازی، حفظ و نگهداری آنها می شود. نوع و کاربرد انواع اقدامات نگهداری روسازی آسفالتی^۲ و بتنی طی سالهای متمادی مورد مطالعه قرار گرفته است و تمامی این نوع امور بسته به شناخت ما از راهها و پیش بینی خرابی های احتمالی در آینده راه و روسازی آن دارد. هدف از این مطالعه استخراج روش های نوینی با کمک تصاویر ماهواره ای جهت کاهش هزینه های مربوط به نگهداری راهها می باشد در واقع استفاده از انواع اقدامات نگهداری باعث می شود تا روسازی دیرتر از حد معمول دچار خرابی گردد و یا سرعت تخریب روسازی کاهش یابد که این امر بدون در نظر گرفتن اقدامات مدیریتی امکان پذیر نخواهد بود، در این راستا عملیات حفظ و نگهداری باید در اولویت کاری قرار گیرد. لذا برای آنکه مدیریت و نگهداری روسازی در سطح و کیفیت قابل قبولی صورت پذیرد نیاز به یک سیستم پشتیبانی مدیریتی می باشد.

حدود ۱۵ سال است که استفاده از تصاویر ماهواره ای در سیستم های مدیریت روسازی رواج بیشتری پیدا کرده و تعدادی از دانشمندان جهان به بررسی تغییرات در خواص و بررسی کیفیت روسازی با کمک پردازش تصاویر ماهواره ای پرداخته اند. اکثر آنها بر این تأکید کردند که بیشتر تکنیک های سنجش از راه دور هزینه بر هستند و نیاز به زمان بیشتری برای مطالعه دارند. روش سنجش از راه دور می تواند ادامه مطالعات میدانی را کامل کند و کاهش خطرات را نتیجه دهد. علاوه بر این، نتایج این تحقیق نشان

^۱Pavement Management System

^۲ Asphalt pavement

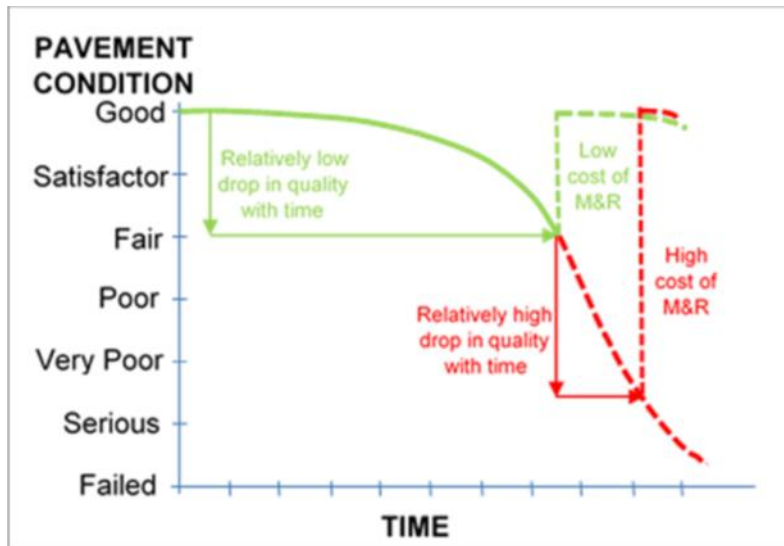
داد که بیشترین استفاده از این روش، طیف سنجی و سپس سنسورهای ماهواره ای است. علاوه بر این، اکثر مطالعات برای سطح ترک خوردگی آسفالت و همچنین برای نقشه برداری از شرایط آسفالت متمرکز شده است.

این پژوهش با بررسی تصاویر ماهواره ای، محاسبه طیف پاسخ آنها برای روسازی های انعطاف پذیر آسفالتی و مقایسه آنها با کیفیت واقعی روسازی، پیش بینی خرابی و عمر روسازی از طریق پردازش تصاویر انجام شده است. در ابتدا پس از بازرسی های میدانی و محاسبات شاخص های خرابی برای جاده مورد نظر با کمک داده های ماهواره ای و طول و عرض جغرافیایی نمونه های بررسی شده، خط مسیر مورد نظر تشکیل می شود. از آرشیو عکس های ماهواره ای به علت توان تفکیکی نسبتا بالا، رایگان و در دسترس بودن به عنوان مرجع استفاده شده است. در این مطالعه باندهای ماهواره ای B2، B3، B4 و B8 به علت پهنای باند ۱۰ متری و توان تفکیکی بین ۴۴۰ تا ۹۰۰ نانومتر نزدیک به طیف پاسخ آسفالت انتخاب شده اند، در نرم افزار اسنپ تحلیل شده و پس از حذف خطاهای موجود، خروجی این باند ها برای نقاط مسیر مورد نظر گرفته شده و با شاخص خرابی و سن روسازی مقایسه شده اند.

یکی از بزرگترین چالش ها در مدیریت روسازی و زیرساخت، تشخیص مشکلات برای استفاده از اقدامات پیشگیرانه و توانبخشی اولیه به موقع است. (نوبخت، شمس؛ مهدی میناگر ۱۳۹۰) بسیاری مطالعات و تجربیات سازمان ها نشان داده است که شناسایی زود هنگام مشکلات مورد درمان با اقدامات پیشگیرانه عمر مفید و کاهش هزینه های نگهداری کل را افزایش می دهد. تحقیقات دامنه داری که از اوایل سالهای ۱۹۷۰ میلادی در آزمایشگاه های ارتش آمریکا آغاز گردید، منجر به ارائه یک سیستم مهندسی (EMS)^۱ برای روسازی راه ها، فرودگاه ها و محوطه های پارکینگ ها شد، که پس از آن به سیستم مدیریت روسازی شهرت یافت. این روش سیستماتیک به کمک ارزیابی عمیق از وضعیت فعلی روسازی و پیش بینی وضعیت آن در آینده، امکان انتخاب اقتصادی ترین استراتژی ترمیم و نگهداری را فراهم می آورد. معمولا

¹ Engineering Management System

کیفیت بد راه بندرت باعث کاهش حجم ترافیک یا انصراف استفاده کنندگان از راه می گردد . (۱۳۹۷، جلیل هاشمی، ؛ حسن دیواندری) یک دلار کاهش در هزینه های نگهداری می تواند هزینه های رانندگی را بین دو تا سه دلار افزایش دهد در شکل ۱-۱ تاثیر نحوه مدیریت صحیح تعمیر و نگهداری راه ها در زمان مناسب نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱ شماتیک و تاثیر نحوه مدیریت صحیح تعمیر و نگهداری راه ها در زمان مناسب

۲-۱ روشهای ارزیابی روسازی

پس از ساخت انواع راه ها اعم از آزادراه، بزرگراه، راه اصلی، راه فرعی، و یا هر نوع راه دیگری ارزیابی روسازی با روش اصولی لازم است. حین بهره برداری ثبت اطلاعات حاصل از ارزیابی در دوره های مختلف صورت میگیرد. انجام ارزیابی در زمان مقرر پس از ساخت، از ارکان هر روش مدیریت روسازی بوده و در حقیقت با وجود این اطلاعات است که در یک سیستم مدیریت روسازی، برنامه ریزی های لازم برای انجام عملیات نگهداری و بهسازی صورت می گیرد. کاربران، اغلب روشهای ارزیابی وضعیت سطحی روسازیها، برداشت میزان خرابیها و درجه بندی شدت آنها را ملاک عمل قرار داده، روسازی را در

قطعات مختلف ارزیابی و نمره دهی میکنند. در کل می توان دو روش مخرب و غیر مخرب را برای تعیین وضعیت سازه ای یک روسازی تحت بهره برداری در اختیار قرار داد.

روش های مخرب شامل روش مغزه گیری و نمونه برداری از روسازی آسفالتی می باشد که زمان بر بوده و به روسازی آسیب می رساند. علاوه بر این روشهای مخرب برای یک روسازی در حال بهره برداری نیز مناسب نمی باشد.

از مهمترین روشهای غیر مخرب برای ارزیابی روسازی و تعیین افت و خیز ها استفاده از آزمایشهای غیر مخرب NDT می باشد. که این آزمایشها نیز به سه دسته ضربه ای، دینامیکی حالت پایدار و استاتیکی تقسیم می شوند. روش های غیر مخرب در مقایسه با روشهای مخرب دارای دو مزیت می باشد:

۱- در آزمایشهای مخرب لایه های روی هم قرار گرفته دچار بهم ریختگی می گردند و برداشتن و حمل مصالح روسازی جهت حمل به آزمایشگاه ضروری می باشد، در حالیکه آزمایش NDT در جا بوده و روسازی بدون هیچگونه دست زدن و یا تغییر دادن مصالح ارزیابی می گردد.

۲- روش NDT بسیار سریع و کم هزینه بوده و همزمان با عبور ترافیک نیز قابل انجام می باشد.

برای برای محاسبه شاخص شرایط روسازی روش های دیگری از جمله PCI و PSI وجود دارند. که در ذیل بصورت خلاصه به آنها پرداخته شده است.

تعیین شاخص شرایط روسازی PCI

شاخص PCI شاخص مورد پذیرش استاندارد ASTM بوده و در منابع و مراجع فارسی به تفصیل مورد تشریح قرار گرفته است. اساس نمره دهی را در محدوده بین ۰ تا ۱۰۰ تعریف کرده و برای روسازی آسفالتی، وضعیت سطح راه را از نظر خرابیهای تعریف شده مورد ارزیابی قرار می دهد. هر خرابی در سه سطح کم، متوسط و زیاد مورد ارزیابی قرار گرفته و با محاسبه ی میزان کاهش کیفیت مربوط به هر خرابی، در نهایت نمره دهی روسازی تعیین میشود.

روش PSI :

بعد از آزمایش بزرگ AASMO در ایالات متحده آمریکا شاخص PSI بعنوان شاخص عملکرد روسازی معرفی شده است. این آزمایش بزرگ بمنظور ارزیابی بدین صورت عملی شد که یکسری ارزیاب با وسیله نقلیه در طول یک قطعه از روسازی را طی می کردند، سپس دو کارشناس نظر خود را در مورد کیفیت روسازی آن قطعه در یک نرم افزار اعلام می کرد. این فرم شامل مشخصات قطعه روسازی ناتمام ارزیابی، تاریخ، ساعت، اتومبیل ارزیاب و نظر ارزیاب در مورد وسایل است. ارزیابی کیفیت روسازی را بصورت عدد از صفر (خیلی ضعیف) تا ۵ (خیلی خوب) روی این فرم مشخص می نمود. ضمناً در مورد قابل قبول بودن روسازی به یکی از سه گزینه، بله، خیر، نامشخص پاسخ می داد. بعد از ارزیابی تمام قطعات تست بررسی و تحلیل اطلاعات فرم های ارزیابی برای هر قطعه در آزمایش AASMO شاخص PSR بدست آمد. شاخص PSR میانگین نمره هایی بود که ارزیاب ها به هر قطعه می دادند.

۱-۳ کاربرد سنجش از دور (RS) در مدیریت روسازی

تعمیر و نگهداری جاده ای امری پیچیده است که تحت تاثیر ترکیبات مختلفی از شرایط محیطی و بارگذاری قرار می گیرد به این دلیل مدیریت آن نیازمند یک چارچوب هماهنگ و سیستماتیک می باشد. یک سیستم مدیریت روسازی (Pavement Management System) روشی سیستماتیک و منسجم را برای انتخاب ضروریات ترمیم و نگهداری و تعیین اولویت ها و زمان بهینه برای تعمیرات از طریق پیش بینی وضعیت روسازی در آینده در اختیار می گذارد، است. سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ با توجه به ماهیت رقومی بودن و استفاده از اطلاعات مکانی، امکان تلفیق اطلاعات را به راحتی امکان پذیر ساخته و تحلیل اطلاعات با به کارگیری آن به درستی انجام می شود. سیستم اطلاعات مکانی GIS، اطلاعات مکانی به عنوان پایگاهی برای دسترسی به اطلاعات مرتبط با زمین و هر آنچه در آن موجود است، مورد استفاده قرار می گیرد. در سیستم GIS ابتدا اطلاعات مربوط به عوارض جغرافیایی، از بانک اطلاعاتی

^۱Geographical Information System (GIS)

مربوطه استخراج می‌شود، سپس بعد از اعمال توابع تحلیلی مورد نیاز، نتیجه حاصل از تحلیل در یک Database جدید ذخیره می‌شود. پایگاه اطلاعاتی، امکانات ذخیره و به هنگام سازی انواع گوناگونی از چنین اطلاعاتی را فراهم می‌سازد. در پایگاه اطلاعات مکانی یک GIS مکان پدیده‌ها، مشخصات پدیده و ارتباطات آن با سایر پدیده‌ها نگهداری می‌شود و با ایجاد ارتباط میان این اطلاعات امکان پردازش تحلیلی مجموعه اطلاعاتی فراهم می‌گردد.

سنجش از دور در مدیریت روسازی کاربردهای بسیار گسترده ای دارد. چرخش مداوم ماهواره های سنجش از دور به دور زمین ، امکان ثبت اطلاعات و تصویر برداری تکراری و دسترسی به اطلاعات جدید و آگاهی از هرگونه تغییرات فضایی را میسر می‌سازد. ضمناً ارتباط بین کیفیت آسفالت با طیف پاسخ آن که از عکسهای ماهواره قابل استخراج است، بررسی می‌شود. بکارگیری تصاویر ماهواره ای با توجه به بالارفتن روزمره کیفیت تصاویر آنها در مدیریت روسازی هر روز از وسعت بیشتری برخوردار می‌گردد. بدیهی است این تکنولوژی از ویژگیهایی برخوردار است که در بسیاری از موارد جایگزین عکس های هوایی می‌گردد .

در حال حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره های World View-2 و MESMA، توسط برخی دانشمندان برای بررسی وضعیت جاده ها کمک گرفته می‌شود. همچنین خرابی های روسازی جاده از جمله انواع ترک ها ، پیر شدگی ؛ شیار شدگی با بازرسی مستقل از جاده ها برای بهبود کارایی تعمیر و نگهداری جاده ها انجام می شود. اخیراً توسعه مدل های پیش بینی دمای روسازی ها بر اساس داده های سنجش از دور و شبکه عصبی مصنوعی را با استفاده از آزمون افت فشار سطح انجام شده است. محققان نشان دادند که حل این مسئله با طیف سنجی با کیفیت بیشتر و پهنای باند بیشتر مطالعات آینده بهتر خواهدداشت. خرابی های روسازی جاده بازرسی مستقل از جاده ها برای بهبود کارایی تعمیر و نگهداری جاده ها انجام دادند این شرایط تشخیص ترک ها و چاله ها را تسهیل می کند ، که فقط در دامنه طیف مرئی کار می کند را امکان پذیر می سازد.

بطور کلی اکثر کاربردهای سنجش از دور ماهواره ای در تمامی نقاط دنیا تهیه کتابخانه های طیفی برای حالت های مختلف روسازی و خرابی های مختلف آن می باشد، این کتابخانه های طیفی که از عکس های متعدد نقاط روسازی تهیه شده است کمک به مطالعه وضعیت روسازی در شرایط کنونی و پیش بینی آن در آینده خواهد داشت. تهیه این کتابخانه برای تمامی نقاط روسازی سرعت و دقت مطالعات را نیز افزایش خواهد داد.

۴-۱ معرفی موضوع

تغییر کیفیت روسازی همراه با تغییر در ترکیب شیمیایی آن است که به دلیل جذب اکسیژن، بزرگ شدن پلیمر های قیر و تبخیر حلالهای سبک قیر اتفاق می افتد، این موضوع موجب تغییر در طیف پاسخ روسازی می شود. با بررسی تصاویر ماهواره ای و پاسخ طیف آنها و مقایسه آنها با کیفیت واقعی روسازی به این سوال پاسخ داده می شود که آیا می توان کیفیت روسازی را از تصویر ماهواره ای تخمین زد؟ یکی از بزرگترین چالش ها در مدیریت روسازی و زیرساخت، تشخیص مشکلات برای استفاده از اقدامات پیشگیرانه و توانبخشی اولیه به موقع است. بسیاری از مطالعات و تجربیات سازمان ها نشان داده اند که شناسایی زودهنگام مشکلات با اقدامات پیشگیرانه باعث افزایش عمر کار و کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری می شود. عملکرد سیستم حمل و نقل عمدتاً بستگی به شرایط جسمی آن دارد و دارایی آن را شامل می شود. بنابراین، حفظ دارایی های موجود و حفظ سیستم حمل و نقل در سطح پایدار بسیار مهم است. مهمترین عوامل طبیعی و انسانی از آسیب رسیدن به آسفالت، سن آسفالت، اکسیداسیون، درجه حرارت، بارهای ترافیکی و خواص مواد پی وی سی آسفالت و ترکیب و سن سطح آسفالت است. همچنین نیاز به ابزار مانیتورینگ در بازه های زمانی در مقیاس شبکه ای است که می تواند تشخیص را آسان کند بوسیله کاهش سفرهای بازرسی غیر ضروری با خودرو بر روی سایت، و کمک به ایجاد سیستم های قوی تر زیرساخت های داده ها برای افزایش کارایی برنامه های نظارت را در پی خواهد داشت. سنجش از دور علم،

هنر و فناوری جمع آوری اطلاعات درباره یک شیء بدون تماس مستقیم با شیء ، ناحیه یا پدیده است که از راه تحلیل داده ها به وسیله ابزارهایی که در بدست می آیند. بنابراین این تصاویر طیفی می تواند اطلاعات مفیدی را از وضعیت روسازی راه در زمان های مختلف در اختیار قرار دهد.

۱-۵ ضرورت تحقیق

همانطور که عنوان شد خرابی های روسازی اگر در زمان ابتدایی شناخته و رفع شوند دارای خسارات بسیار کمتری می باشند در واقع یک دلار کاهش در هزینه های نگهداری می تواند هزینه های رانندگی را بین دو تا سه دلار افزایش دهد. ترمیم و نگهداری و بهسازی راه ها ، دارای هزینه های بسیار بالایی بوده و این هزینه باید در زمان مطلوب و بهینه صرف گردد، درغیراین صورت عملیات ترمیم و بهسازی غیر اقتصادی خواهد بود . لذا برای آن که مدیریت و نگهداری روسازی در سطح و کیفیت قابل قبولی صورت پذیرد نیاز به یک سیستم پشتیبانی مدیریت می باشد.

هدف از انجام این مطالعه ارزیابی مزایای فن آوری های سنجش از دور و روش هایی است که به منظور شناسایی آسیب ها بر روی آسفالت مورد استفاده قرار می گیرند. تکنیک ها و روش های سنجش از دور می توانند زمان را کاهش دهد و به عنوان روش های ارزان تر مورد استفاده قرار گیرند. به عبارت دیگر، تکنیک های سنجش از راه دور می توانند اطلاعات گسترده ای را به مسئولین محلی برای برنامه ریزی شهری و نظارت بر محیط زیست ارائه دهند تشخیص آسفالت های آسیب دیده مهمترین موضوع برای آژانس های جاده ای و سازمان های دولتی است تا تصمیمات اولیه را اتخاذ کنند و برنامه های تعمیر و نگهداری را فراهم کنند. علاوه بر این، معیارهای مالی تشخیص زودهنگام بسیار مهم است. لزوم انجام فرآیند ارزیابی بصورت مستمر با روشهای موجود سخت ؛ وقت گیر و پر هزینه است . همه محققان به دنبال یک روش سریع ، ارزان و دقیق هستند.

علاوه بر این، استفاده از سنجش از دور در تحقیقات زیربنایی حمل و نقل مقرون به صرفه و مهم است. ضمناً، روش های سنجش از دور می تواند نقاط روباز و آسیب دیده از بارهای ترافیکی و آب و هوا را شناسایی و تجزیه و تحلیل کند. در نهایت، جمع آوری داده ها از سیستم های حمل و نقل هوایی و فضایی می تواند تخریب بلایای طبیعی و انسان شناسی و همچنین تخریب آسفالت را از طریق زمان، در حالی که می تواند چند منظوره از داده های چند طیفی را جمع آوری کند. در این پژوهش برای نیل به این هدف قسمتی از بزرگراه راه ابریشم حد فاصل بین دو شهر سبزوار و شاهرود مورد بررسی قرار خواهد گرفت. داده های میدانی را با خروجی های ماهواره سنتیل^۱ مقایسه خواهند شد.

۶-۱ مفروضات تحقیق

در این بررسی های میدانی در این تحقیق از خرابی های بسیار کوچک که قابل اندازه گیری نبوده صرف نظر شده است و در جدول ثبت اطلاعات مقادیر آنها ثابت در نظر گرفته شده است. همچنین در انتخاب نمونه های تصادفی مواردی که بعلت اتفاقات خارج از حالت طبیعی به عنوان نمونه بارگزاری های نامتعارف و یا تعمیرات غیر اصولی دچار خرابی شده اند صرف نظر شده است. در برداشت داده ای ماهواره ای بعلت کوچک بودن مقادیر باند ها آنها تا چهار رقم اعشار محاسبه شده اند و بقیه گرد شده است. همچنین از تغییرات چرخه گرمایی و انعکاس بار ترافیکی در حال عبور در مشیر نیز صرف نظر شده است.

۷-۱ فرضیه های تحقیق

سوالات و گزینه هایی که باید درستی و یا نادرستی آنها در این تحقیق بررسی شود در این قسمت ذکر شده است.

آیا می توان کیفیت روسازی را از تصویر ماهواره ای تخمین زد؟

¹ Sentinel-2

داده‌های ماهواره‌ای و GIS می‌تواند کمک موثری به شناخت جنبه‌های مختلف PMS نموده و معیارها و شاخص‌های توسعه را آشکار می‌سازد. با ادغام داده‌های ماهواره‌ای و روش‌های تجربی و میدانی می‌توان تخمین نسبتاً مناسبی از وضعیت روسازی و پیش‌بینی آن در راه‌های مختلف داشت.

آیا جزئیات عکسهای ماهواره‌ای قابل اعتماد هستند؟

با توجه به کیفیت متوسط ماهواره انتخابی و چرخش دائمی آن بر مسیر مورد مطالعه می‌توان تا حدود زیادی به این عکسها اطمینان کرد و از نتایج تحلیل‌های عددی آنها برای پیش‌بینی‌ها و مطالعات بعدی استفاده نمود.

۸-۱ نوآوری تحقیق

در سال‌های اخیر اطلاعات ماهواره‌ای و سنجش از دور پیشرفت‌های چشمگیری داشته است روشهای قدیمی تحلیل روسازی و تصویر برداری از آن جای خود را به این نوع اطلاعات ماهواره‌ای داده‌اند. از جمله روشهای قدیمی پردازش تصویر سطح راه می‌توان مواردی از قبیل

- تصویر برداری با دوربین‌های دستی معمولی با کیفیت‌های پایین
- تصویر برداری به کمک دوربین‌های متصل به ناوگان‌های در حال حرکت در سطح راه
- تصویر برداری به کمک پهبادهای پروازی در ارتفاع کم (اکبر، حمید et al).
- اسکن لیزری سطح جاده
- تحلیل سطح جاده با استفاده از امواج

نام برد. بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای در بررسی‌های زمین هر روز از وسعت بیشتری برخوردار می‌گردد. بدیهی است این تکنولوژی از ویژگی‌هایی برخوردار است که در بسیاری از موارد جایگزین عکس‌های هوایی می‌گردد. چرخش مداوم ماهواره‌های سنجش از دور به دور زمین، امکان ثبت اطلاعات و تصویر برداری تکراری و دسترسی به اطلاعات جدید و آگاهی از هرگونه تغییرات فضایی را میسر می‌سازد. ضمناً

ارتباط بین کیفیت آسفالت با طیف پاسخ آن که از عکسهای ماهواره قابل استخراج است بررسی می شود.

تکنیک های سنجش از دور متشکل از انواع متفاوتی از قبیل اندازه تفکیک های مکانی و زمانی است که برای ارزیابی روسازی بسیار مفید هستند. این ها روش های غیر مخرب هستند که از وسایل نقلیه بدون سرنشین (هواپیماهای بدون سرنشین)^۱، ماهواره ها^۲، هواپیماها و وسایل نقلیه در حال حرکت استفاده می کنند. روش های سنجش از راه دور در حال کار با انرژی خورشیدی و همچنین تابش الکترومغناطیسی است که از فضا به سطح زمین حرکت می کند و سپس امواج می توانند از سطوح مختلف سطوح روی زمین بازتاب، جذب و پراکنده شوند. هر نوع روش سنجش از دور دارای سنسورهای مختلفی است که دارای تنوع طیف های الکترومغناطیسی هستند و به جمع آوری داده ها و اندازه گیری سطح جاده ها کمک می کند. تابش الکترومغناطیسی دامنه ای است که با طول موج یا فرکانس توسط طیف الکترومغناطیسی خلاصه می شود. علاوه بر این، زیرساخت های حمل و نقل بسیار گران است و پایش آنها یک فرآیند فشرده و وقت گیر است. قبلاً، داده ها از محل جمع آوری، آزمون و تفسیر های بصری گرفته شده بودند. تکنیک ها و روش های سنجش از دور می توانند زمان را کاهش دهد و به عنوان روش های ارزان تر مورد استفاده قرار گیرند.

۹-۱ ساختار پایان نامه

این پایان نامه در چهار فصل تهیه و تدوین شده است که محتوی هر فصل بصورت خلاصه در زیر آورده شده است. در فصل اول کلیات می باشد که به مقدمه موضوع پرداخته شده است. در این فصل به معرفی موضوع، روش های ارزیابی روسازی، ضرورت تحقیق، مفروضات تحقیق، فرضیات تحقیق و نوآوری تحقیق پرداخته شده است.

¹ Drone

² Satelites

فصل دوم بیان روش تحقیق بیان می‌باشد. در ابتدای فصل به بررسی اصول اصلی پردازش از تصویر پرداخته شده است در ادامه به کاربردهای پردازش تصویر ماهواره ای و مزایای آن پرداخته شده است پس از معرفی مسیر مورد مطالعه، ماهواره سنتینل ۲ و جزئیات باندهای آن معرفی شده است. در ادامه روش دانلود تصاویر ماهواره سنتینل ۲ با ذکر یک نمونه مثال توضیح داده شده است. در پایان فصل هم به معرفی شاخص شرایط روسازی و نحوه محاسبات آن در مسیر مورد مطالعه پرداخته شده است.

فصل سوم مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق می‌باشد که به بررسی مهمترین مطالعات داخلی و خارجی در خصوص استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای در بررسی خرابی های روسازی از سال ۲۰۰۰ تا کنون پرداخته شده است.

فصل چهارم به چگونگی مطالعات میدانی و پردازش تصاویر ماهواره ای پرداخته شده است. در ابتدای فصل منطقه مسیر مورد مطالعه معرفی شده است سپس نتایج ارزیابی میدانی و تهیه جدول شاخص های PCI به تفصیل آورده شده است . بعدی این فصل طیف سنجی نمونه آسفالتی در آزمایشگاه می‌باشد. قسمت های بعدی این فصل چگونگی تشکیل خط مسیر، پیش پردازش تصاویر ماهواره ای و تطابق آن با داده های ماهواره ای می‌باشد. در ادامه پس از تشکیل جدول نتایج به تحلیل و بررسی روی آنها پرداخته شده است.

فصل ۲ آشنایی با منحنی از دور

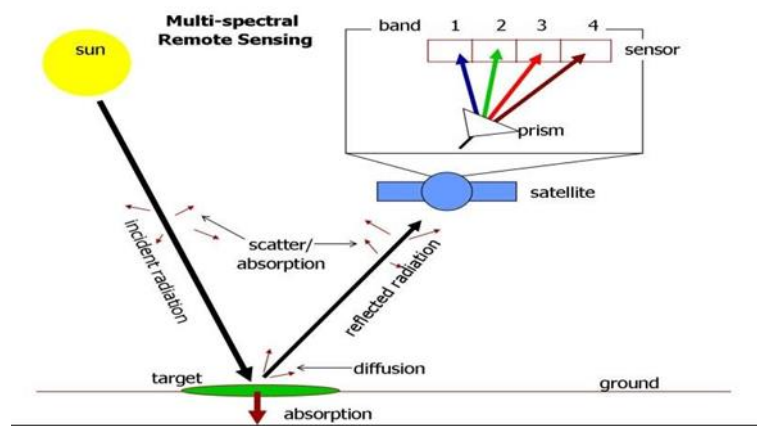
۲-۱ مقدمه

بیشتر از دو دهه است که تکنیک های سنجش از دور^۱، توسط محققین و دانشمندان مورد مطالعه جدی قرار گرفته است. روش سنجش از راه دور می تواند ادامه مشاهدات را کامل کند و کاهش خطرات و هزینه های بازرسی و تحقیقات میدانی را نتیجه دهد. در سال های اخیر اطلاعات ماهواره ای و سنجش از دور پیشرفت های چشمگیری داشته و به کارگیری تصاویر ماهواره ای در بررسی های زمین هر روز از وسعت بیشتری برخوردار می گردد. بدیهی است این تکنولوژی از ویژگیهایی برخوردار است که در بسیاری از موارد جایگزین عکس های هوایی می گردد. روش های سنجش از راه دور در حال کار با انرژی خورشیدی و همچنین تابش الکترومغناطیسی^۲ است که از فضا به سطح زمین حرکت می کند و سپس امواج می توانند از سطوح مختلف سطوح روی زمین بازتاب، جذب یا پراکنده شوند. تکامل فن آوری و سنجش از دور به طور کلی، به متخصصانی که با ارزیابی حمل و نقل و سطوح آسفالت فعالیت می کنند، بستگی دارد. (پناه کاظم و همکاران ۲۰۱۰)

سنجش از دور شامل اندازه گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن از یک نقطه مناسب بالاتر از سطح زمین است. پرتوهای بازتابی که از نوع امواج الکترومغناطیس هستند، می توانند دارای منابع گوناگونی همانند پرتوهای خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام یا حتی پرتوهای مصنوعی باشند. صاحب نظران زیادی از جمله Lillesand, Campbell و Kiffer و Sabins معرفی شده از جهات مختلف به معرفی و تحقیق بر روی آن پرداخته اند. در علم سنجش از دور برای جمع آوری اطلاعات از عوارض کمترین میزان ارتباط مستقیم وجود دارد و به همین دلیل با نام سنجش (اندازه گیری) از راه دور خوانده می شود.

¹ Remote Sensing

² Electromagnetic radiation



شکل ۱-۲. نحوه پردازش تصاویر ماهواره ای

۲-۲ پیشینه سنجش از دور هوایی

- سال ۱۸۵۸ تهیه اولین عکس هوایی از یک بالن
- سال ۱۹۱۰ تهیه عکس از درون هواپیما در ایتالیا
- جنگ جهانی اول و دوم استفاده گسترده از عکسبرداری هوایی و پیشرفت های چشم گیر آن در عملیات های نظامی
- سال ۱۹۶۰ استفاده از اولین ماهواره های جاسوسی توسط آمریکا و شوروی و ایجاد رقابت بین دو ابر قدرت
- سال ۱۹۷۲ ارسال اولین ماهواره های ارزیابی منابع زمین به نام لندست^۱ از سوی ناسا
- سال ۱۹۷۸ ارسال اولین ماهواره تصویر برداری راداری به نام سی ست^۲
- سال ۱۹۸۷ ارسال ماهواره های ERS و MOS توسط ژاپن و آژانس فضایی اروپا
- سال ۱۹۸۸ ارسال اولین سری ماهواره های IRS توسط هندوستان
- سال ۱۹۹۹ اولین قدم ها در جهت تولید تصاویر ماهواره ای با توان تفکیک با ارسال آکونوس ((
آینوز^۱ و کویک برد (کویک برد^۲)

^۱ Landsat

^۲ Saesat

- سال ۲۰۰۰ پرتاب ماهواره فراطیفی^۳
- سال ۲۰۱۳ پرتاب اولین ماهواره خانواده سنتینل^۴ به فضا توسط اتحادیه اروپا

۲-۳ سنجش از دور چگونه کار می کند؟

سنجش از دور با اندازه گیری ناحیه گستره ای از طول موج های طیف الکترومغناطیس منتشر شده ، انعکاس یافته ، انکسار یافته یا پراکنده شده از کوتاه ترین تا بلند ترین طول موج که عمده آنها با چشم قابل رویت نیست ، اطلاعات رقومی مورد نیاز را بدون هیچ گونه تماسی با عوارض و سطوح جمع آوری می کند . (مالمیریان ، حمید ۲۰۰۰) بنابر این سنجش از دور علمی قدرتمند است زیرا می تواند اطلاعاتی را ببیند که چشم انسان قادر به دیدن و سنجش آنها نیست .

موج الکترومغناطیس^۵ که شامل یک میدان الکتریکی^۶ (E) دامنه آن در راستای عمود بر مسیر حرکت موج تغییر می کند و یک میدان مغناطیسی^۷ (M) که در راستای عمود بر میدان الکتریکی قرار دارد می باشد . هر دو این میدان ها با سرعت نور (c) در فضا جابجا می شوند و در واقع این تعریف بیانی از ماهیت فیزیکی موج الکترومغناطیس می باشد. موج الکترومغناطیس همچنین دربردارنده مجموعه ای از ذرات ریز حامل انرژی به نام فوتون می باشند و این تعریف بیانی از ماهیت ذره ای موج الکترومغناطیس است. محتوای این انرژی با فرکانس موج رابطه مستقیم و با طول موج تابش رابطه معکوس دارد . پس هرچه انرژی الکترومغناطیس بیشتر باشد فرکانس بیشتر و طول موج کوتاه تر می شود .

¹ IKONOS

² QUICK-BIRD

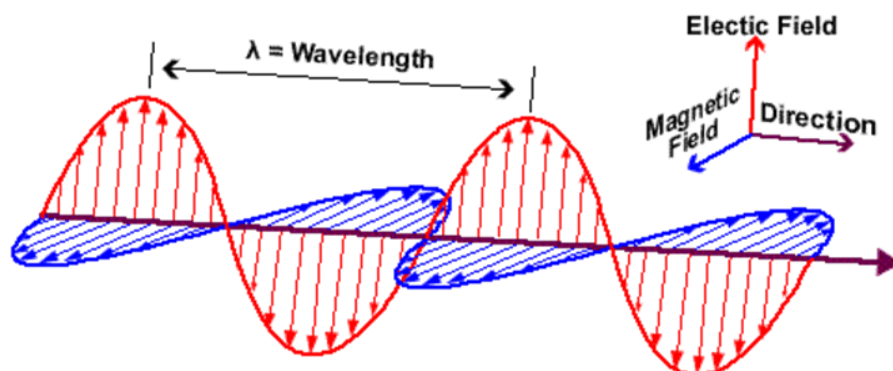
³ Hyperion

⁴ Sentinell

⁵ Electromagnetic wave

⁶ Electrical Field

⁷ Magnetic field



شکل ۲-۲. طول موج الکترو مغناطیس

طیف الکترومغناطیس طیفی پیوسته از طول موجهای بسیار بلند (امواج رادیویی) و بسیار کوتاه (گاما) را شامل می شود. امواج الکترومغناطیسی بر حسب فرکانس به ترتیب افزایش به نام های امواج رادیویی^۱، ریز موج^۲، فروسرخ یا مادون قرمز^۳، نور مرئی^۴، فرابنفش^۵، پرتو ایکس^۶ و پرتو گاما^۷ خوانده می شوند. چندین ناحیه از این طیف الکترومغناطیس کاربرد گسترده ای در سنجش از راه دور دارند.

ناحیه ماوراء بنفش: کوتاهترین طول موجی مورد استفاده اشعه ماوراء بنفش است که دامنه ای بین ۱,۰ تا ۴,۰ میکرومتر دارد. البته بدلیل جذب توسط جو زمین در مطالعات سنجش از دور زمینی کاربرد ندارد و کاربرد آن در مطالعات فضا پایه است.

• ناحیه نور مرئی: دامنه طول موج بین ۴,۰ تا ۷,۰ میکرومتر است. که در برگیرنده بخش های آبی، سبز و قرمز از طیف الکترومغناطیس می شود.

¹ Radio waves

² Micro wave

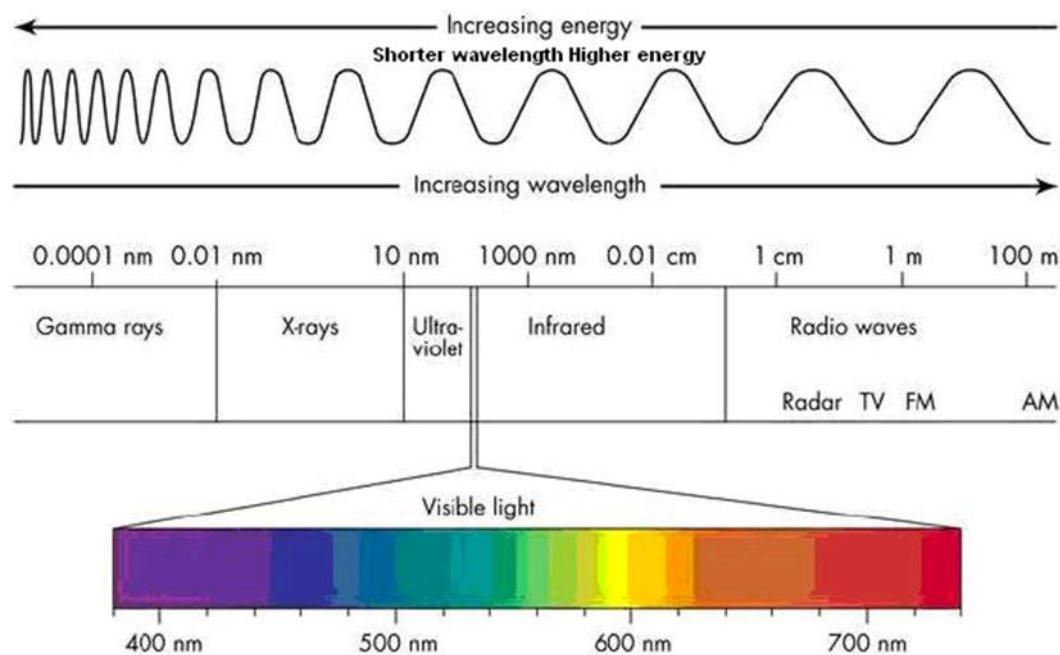
³ infrared

⁴ Visual

⁵ UltraViolet

⁶ UltraViolet

⁷ Gamma ray



شکل ۲-۳. مفهوم باند در پردازش تصاویر

۲-۳-۱ باند چیست

هر بخش باریک و پیوسته از طیف الکترو مغناطیس را یک باند می گویند . سنجنده های تصویر برداری ماهواره ای بر اساس ماموریتی که دارند دارای تعدادی باند هستند که به ازای هر باند یک آرایه پیکسلی برای ذخیره سازی اطلاعات موجود است . (مالمیریان , حمید ۱۹۹۹) داده های مربوط به هر باند در یک آرایه پیکسلی در سنجنده ثبت می شود . برای مثال در سنجنده TM ماهواره لندست از طول موج ۵۲,۰ میکرون تا ۶,۰ میکرون (طیف سبز امواج مرئی) به باند سبز معروف است و در سنجنده سنتینل ۲ دارای ۱۳ باند تصویر برداری و ۳ باند رنگی B2 قرمز B3 سبز و B4 آبی است . با توجه به نوع سنجنده ها و تعداد باندهای تصویر برداری در آنها تصاویر برداشت شده در سنجش از دور تحت عنوان پانکروماتیک^۱ ، چندطیفی^۲ و ابرطیفی^۳ شناخته می شوند.

^۱ Panchromatic

^۲ Panchromatic

^۳ Hyper spectral

۲-۳-۲ نحوه تشکیل تصویر در پردازش تصاویر

ایجاد تصویر توسط ثبت انرژی الکترومغناطیس بر روی سنجنده های الکترونیکی - نوری انجام می شود. سنجنده یک آشکارگر الکترونیکی است که امواج بازتاب شده از سطح پدیده را به سیگنال تبدیل می کند. (Mousavi, Ranjbar et al. ۲۰۱۶) سنجنده ها دارای آرایه پیکسلی منظمی به صورت سطر و ستون متشکل از CCD هستند که انرژی الکترومغناطیس پس از رسیدن به سنجنده توسط منشوری به باندهای مختلف طیف الکترومغناطیسی تجزیه شده و بر اساس ناحیه مشخصی از طول موج ها در یک آرایه از CCD ها ذخیره سازی می شود. هنگام برخورد انرژی الکترومغناطیس به سطح CCD فوتون ها بر اساس شدت روشنایی به یک عدد به نام مقدار عدد موج^۱ تبدیل شده و این عدد در سنجنده به عنوان بازتاب انرژی ذخیره سازی می گردد. در کیفیت تصاویر اخذ شده توسط سنجنده های سنجش از دور عوامل مختلفی دخیل هستند که در ادامه برخی از آنها شرح داده خواهد شد.

۲-۳-۳ قدرت تفکیک در سنجش از دور

قدرت تفکیک مکانی^۲: دقت تفکیک اجسام روی زمین در تصاویر ماهواره ای است. دقت تفکیک مکانی سنجنده به عواملی چون میدان دید لحظه ای (FOV) و ارتفاع سنجنده بستگی دارد. قدرت تفکیک طیفی^۳: قدرت تفکیک باندهایی از طیف الکترومغناطیس است که توسط سنجنده برداشت و ثبت می شود. سنجنده ها بر این اساس مولتی اسپکترال (چند طیفی) یا هایپر اسپکترال (فرا طیفی) هستند.

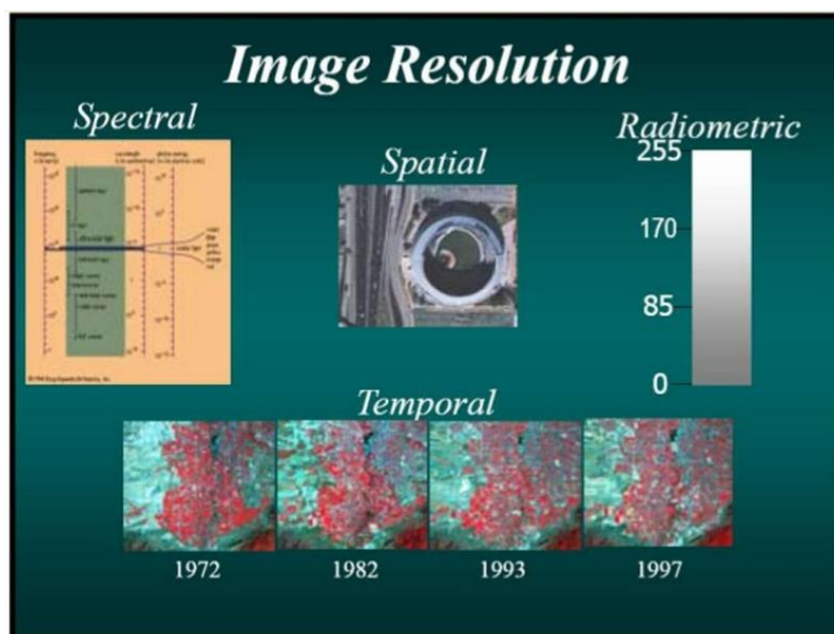
قدرت تفکیک زمانی^۱: کمترین فاصله زمانی بین دو برداشت از یک منطقه توسط سنجنده است.

^۱ Digital Number

^۲ Digital Number

^۳ Spectral Resolution

قدرت تفکیک رادیومتریک^۲: توان سنجنده در تشخیص مقدار ارزش های رقومی^۳ در ثبت انرژی دریافتی است. در سنجنده ۸ بیتی دامنه DN های ثبت شده بین ۰-۲۵۵ است در حالی که در سنجنده ۱۲ بیتی دامنه DN های ثبت شده بین ۰-۴۰۰۰ است.



شکل ۲-۴. روشهای مختلف تفکیک در سنجنش از دور

۲-۳-۴ سنجنش از دور فعال و غیر فعال

سنجنش از دور بر حسب نوع اطلاعات دریافتی از سنجنده ها به دو گروه سنجنش از دور فعال^۴ و سنجنش از دور غیر فعال^۵ تقسیم بندی می شوند. (Mousavi, Ranjbar et al. ۲۰۱۶)

^۱ Temporal Resolution

^۲ Radiometric Resolution

^۳ Radiometric Resolution

^۴ Active Remote sensing

^۵ Passive Remote Sensing

۲-۳-۱-۴ سنجش از دور فعال

انرژی تابشی در سنجنده های فعال توسط خود سنجنده تهیه و به سمت اجسام ارسال می شود . سنجنده بازگشت انرژی که خود ارسال نموده را از سمت عوارض دریافت می نماید و در سنجنده ثبت می شود . این نوع سنجنده ها برای تهیه اطلاعات نیازی به منبع انرژی دیگر مانند خورشید ندارند. بنابر این در همه نوع شرایط آب و هوایی و درروز و شب توان تهیه اطلاعات از سطح زمین را دارند . سیستم لیزر و رادار از سنجنده های فعال محسوب می شوند.

۲-۳-۲-۴ سنجش از دور غیر فعال

سنجنده های غیر فعال برای تامین انرژی خود نیاز به منبع انرژی ثانویه دارند . این نوع سنجنده ها دریافت کننده بازگشت انرژی الکترومغناطیس تابیده شده از سوی خورشید هستند . این نوع برداشت اطلاعات در سنجش از دوربه دو روش اپتیکی و حرارتی ممکن می شود .

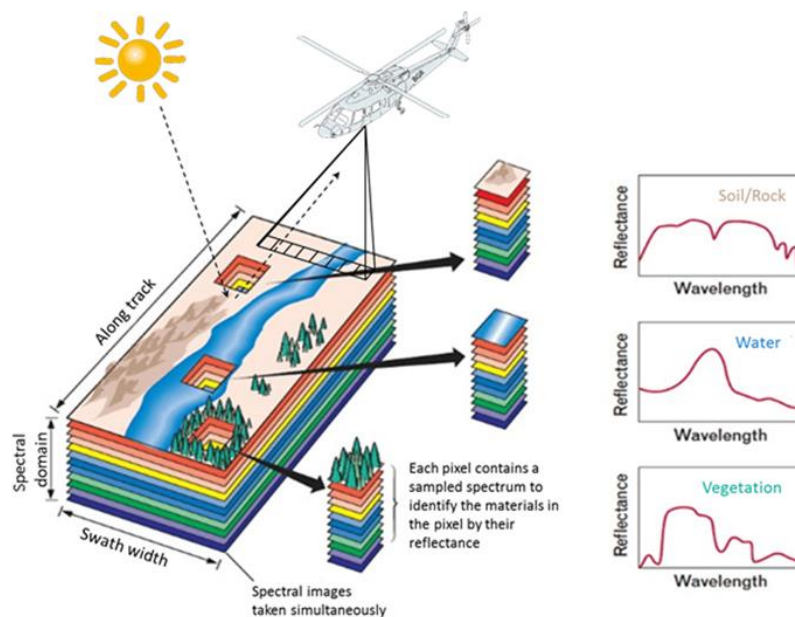
- سنجش از دور اپتیکی: سنجنده هایی که در محدوده طیف ۰,۴ تا ۳ میکرومتر تصاویر مرئی ، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی را دریافت می نمایند که سنجنده سنتیل^۲ مورد استفاده در این تحقیق از این نوع می باشد.

۲-۳-۵ منحنی رفتار طیفی^۱

با اندازه گیری انرژی الکترومغناطیس بازتاب شده از اجسام در طریق طول موج های مختلف نسبت به کل انرژی رسیده به جسم منحنی رفتار طیفی پدیده ها ایجاد می گردد . این منحنی رفتار طیفی متناسب با ساختار درونی اجسام برای هر جسمی منحصر به آن جسم و از جسمی به جسم دیگر متفاوت است . در سنجش از دور شناسایی پدیده ها توسط منحنی رفتار طیفی آنها که به امضای طیفی پدیده نیز مشهور است انجام می شود . در تصویر منحنی رفتار طیفی چند پدیده (آب ، خاک و گیاه) به طور

¹ Spectral Signature

همزمان ترسیم گردیده است. (مالمیریان and حمید ۱۹۹۹) آب در محدوده طول موج مادون قرمز هیچ انعکاسی ندارد. بنابر این در تصویری که در این باند از آن ثبت می شود کاملاً سیاه دیده می شود و چون در ناحیه آبی طول موج مرئی بیشترین انعکاس را دارد پس در تصویر مربوط به این باند به رنگ آبی ثبت شده و چشم انسان نیز آن را به رنگ آبی می بیند. گیاهان در محدوده سبز طول موج مرئی و ناحیه مادون قرمز نزدیک انعکاس کاملی از خود دارند.



شکل ۲-۵. منحنی رفتار طیفی در خاک، آب و پوشش گیاهی

۲-۳-۵-۱ نحوه طیف سنجی نمونه های آسفالتی

برای طیف سنجی نمونه های آسفالتی همانگونه که در شکل شماتیک بالا نشان داده شده است باید مقداری از سطح نمونه مورد مطالعه در دستگاه طیف سنج قرار داده شود. دستگاه مورد استفاده در این تحقیق در آزمایشگاه فیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود به نام UV-Visible Shimadzu1800 موجود می باشد. این دستگاه مناسب برای آنالیزهای UV-Vis می باشد. شکل () بنابرین باید



شکل ۲-۶. دستگاه UV-Visible موجود در آزمایشگاه فیزیک

از هر روسازی آسفالتی با سن مختلف یک نمونه برش زده و در آزمایشگاه در این دستگاه گذاشته شود و خروجی دستگاه را برای طول موج بین ۱۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر گرفته شود.

۲-۳-۶ مزایای استفاده از سنجش از دور

- استفاده از تصاویر رقومی و قابل پردازش توسط الگوریتم و رایانه
- گسترده دید قابل توجه و ایجاد پوشش مناسب از منطقه؛ (به عنوان نمونه هر تصویردر ماهواره سنتینل دارای ابعاد ۱۰۰*۱۰۰ کیلومتر می باشد).
- تناوب برداشت اطلاعات در بازه های زمانی کوتاه (سنجنده سنتینل هر ۱۰ روز یک بار دور زمین می چرخد)
- تهیه داده های متنوع در انواع قدرت تفکیک ها
- کاهش عملیات زمینی و نیاز به نیروی انسانی و عدم نیاز به دسترسی مستقیم به محل

۲-۳-۷ کاربرد های سنجش از دور

- در نقشه برداری و تعیین موقعیت
- در آشکارسازی تغییرات
- ارزیابی کاربری زمین و برنامه ریزی شهری
- مستند نگاری میراث فرهنگی

- در اکتشاف منابع معدنی
- در سنجش پوشش گیاهی و جنگلی
- بررسی مخاطرات و سوانح طبیعی
- پایش های زیست محیطی

۲-۳-۷ کاربرد سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات:

با استفاده از قابلیت سنجش از دور در برداشت دوره ای پدیده ها و عوارض در طی سالیان طولانی این فناوری را تبدیل به یک ابزار مناسب برای سنجش تغییرات عوارض و کنترل آنها نموده است. (چترسیماب ۲۰۱۶) با استفاده از این امکان تغییراتی که در طی سالیان طولانی در طی چندین تصویر برداری از پدیده ها روی داده است قابل آشکارسازی است. از جمله نمونه این بررسی ها سنجش از دور در ارزیابی روند رشد مناطق شهری، ارزیابی خرابی های سطح راههای مختلف و ارزیابی تغییر سطح آب دریاها و دریاچه ها، کنترل مراتع را می توان نام برد.



شکل ۲-۷ کاربرد سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات

فصل ۳ مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق

۳-۱ مقدمه

دانشمندان مختلفی در دنیا بیشتر از ۱۵ سال است که روی روش سنجش از دور ماهواره ای در روسازی ها در حال تحقیق هستند و سال به سال با توجه به پیشرفت فناوری عکسهای ماهواره ای این موضوع نیز بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا در این فصل روش ها و تکنیک های مختلف سنجش از دور به منظور شناسایی و بررسی انواع خرابی های روسازی های آسفالت که توسط محققین قبلی مورد مطالعه قرار گرفته اند مورد بررسی قرار گرفته است. اکثر نویسندگان بر این تأکید کردند که بیشتر تکنیک های سنجش از راه دور هزینه بر هستند و نیاز به زمان بیشتری برای مطالعه دارند. روش سنجش از راه دور می تواند ادامه مطالعات میدانی را کامل کند و کاهش خطرات را نتیجه دهد. علاوه بر این، نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین استفاده از این روش، طیف سنجی و سپس سنسورهای ماهواره ای است. علاوه بر این، اکثر مطالعات برای سطح ترک خوردگی آسفالت و همچنین برای نقشه برداری از شرایط آسفالت متمرکز شده است.

۳-۲ پیشینه مطالعات داخلی انجام شده

مهدی میناگر و همکاران در مورد استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS در مدیریت روسازی راه تحقیقاتی انجام داده است، ایشان جهت پیاده سازی این سیستم، ابتدا شبکه، شاخه ها، قطعات و واحد های نمونه شناسایی و به هر یک شناسه ای اختصاص داده است سپس گام های محاسبه PCI در برنامه ریزی در محیط GIS برای سیستم تعریف کرده است. داده های خرابی را وارد سیستم نموده و سیستم پس از تحلیل اطلاعات، به هر قطعه شاخصی اختصاص داده می شود. به عنوان نمونه مطالعه موردی پیاده روهای شهر بابل ارزیابی قرار گرفته که اطلاعات مربوط به آن در قالب مطالعه میدانی در فرم هایی درج گردیده است که منبع اطلاعاتی سودمندی برای مدل سازی وضعیت معابر در محیط نرم افزار ARC MAP می باشد. در نهایت مهمترین نتایج تحقیق ایشان را می توان موارد زیر عنوان کرد

- این سیستم به بهینه سازی هزینه های ترمیم و نگهداری کمک شایانی می نماید .
 - افزایش دقت و سرعت بررسی شاخص وضعیت روسازی
 - این سیستم بودجه را به سمت واقعی ترین محل های مصرف سوق می دهد .
 - به کمک آن می توان با توجه به نوع خرابی ، میزان هر خرابی ، زمان لازم برای ترمیم روسازی و هزینه های لازم جهت ترمیم خرابی ها را برآورد نمود .
- حمید رسولی و همکاران (اکبر, حمید et al.) بررسی توان تصاویر پهپادی دقیق در ارزیابی پدیده فرسودگی آسفالت و خرابی های پیری و شیار شدگی در روستای الوار سفلی تبریز را مورد بررسی قرار داده است. در این روش، از تصاویر چند باندی که شامل باندهای سبز، قرمز، آبی و مادون قرمز نزدیک می باشد، استفاده شده است. در این راستا، در زمینه پیری، از تصاویر رستری پهپاد و در زمینه پدیده تنش و صحت شیب عرضی از لایه DSM حاصل از تصاویر مزدوج دارای همپوشانی تصاویر کمک گرفته شده است.
- نتایج این تحقیق مبین این مطلب است که تصاویر تهیه شده توسط پهپاد eBee SQ مجهز به سنسور پیشرفته و چندکارکردی Parrot Sequoia برای اهداف ارزیابی و ترمیم آسفالت جادهای قابل کاربرد می باشند. تصاویر تهیه شده در این مطالعه در محدوده امواج مرئی تهیه شد و سپس برای طبقه بندی کیفیت آسفالت از روش طبقه بندی نظارت شده ماشین بردار پشتیبان استفاده شد برای صحت سنجی استفاده از آمار استنباطی و مفهومی می باشد. نتایج صحت سنجی مبتنی بر ماتریس خطا، ضریب کاپا و صحت کلی مبین انطباق ۹۵ درصدی بین نتایج طبقه بندی و مطالعات میدانی می باشد ، ضریب کاپای ۹۵٪ نشان دهنده دقت زیاد و صحت نتایج بر اساس نمونه های تعلیمی می باشد که همان نقاط برداشت زمینی هستند.
- رضا شهبان مقدم (رضا, سیدعلی et al.) به تشخیص و طبقه بندی خودکار خرابیهای روسازی آسفالتی بر پایه آنالیز بافت تصویر در حوزه مکان و تبدیل پرداخته است ایشان پس از برداشت تصاویر خرابی

روسازی آسفالتی در شرایط کنترل شده، به منظور تشخیص و طبقه بندی آنها، علاوه بر توصیف آماری بافت خرابیها از 4 نوع تبدیل چنددقته دوبعدی استفاده کرده است. پس از تجزیه تصاویر پس از اعمال تبدیل ها، آمارگان مرتبه اول بر پایه هیستوگرام تصویر، شاخصهای آماری مرتبه دوم بر ماتریس هم رخداد و شاخصهای آماری مرتبه سوم و بالاتر بر پایه ماتریس طول تکرار سطوح خاکستری، به منظور آنالیز آماری بافت زیرباند های فرکانسی موجهها به کارگیری انجام داد. نتایج حاصل از طبقه بندی تصاویر خرابی بر اساس روش کمینه فاصله ماکسولانوبیس و ارزیابی عملکرد کلاس بندی بر پایه شاخصهای حساسیت و دقت، حاکی از آن است که روشهای آنالیز بافت چند دقته به طور میانگین عملکرد بهتری در شناسایی الگوهای خرابی نسبت به رویکردهای توصیف آماری بافت در حوزه مکان دارا میباشند. در حوزه مکان، آمارگان مستخرج از هیستوگرام تصویر و در حوزه تبدیل آمارگان مرتبه دوم (مبتنی بر ماتریس هم رخداد) برترین شیوه توصیف بافت خرابیها می باشند. طبقه بندی تصاویر مبتنی بر هیستوگرام، ماتریس هم رخداد سطوح خاکستری و ماتریس طول تکرار به ترتیب با دقت عملکردی 90 % و 95 % و 63% برترین نتایج را در میان، حوزه موجه های گسسته حاصل نموده است.

۳-۳ پیشینه مطالعات خارجی انجام شده

ریگ آبادی و همکاران (Rigabadi, Rezaei Zadeh Herozi et al. ۲۰۲۱) توسعه مدل های پیش بینی دمای روسازی ها بر اساس داده های سنجش از دور و شبکه عصبی مصنوعی را با استفاده از آزمون افت فشار سطح انجام دادند.

روش کار: این آزمایش به دمای روسازی و تغییرات روزانه یا فصلی آن بستگی دارد. هنگام جمع آوری داده های FWD داشتن دمای روسازی بسیار مهم است و همچنین مقایسه داده های FWD برای دماهای مختلف انجام شد. مدل های متداول دمای روسازی به پارامترهایی مانند دمای هوا، تابش خورشید، سرعت باد و رطوبت متکی هستند. بنابراین، این مطالعه در حال بررسی کاربرد استفاده از فناوری سنجش از دور برای تخمین دمای روسازی است.

روش تحلیل : داده های ورودی ماهواره برای توسعه سه مدل شبکه عصبی خطی ، غیر خطی و مصنوعی (ANN) برای عمق ۲۰ و ۲۵ سانتی متر و در لایه های مختلف روسازی آسفالت استفاده می شود. دمای پیش بینی شده بسیار نزدیک به دمای اندازه گیری شده است (ضرایب همبستگی ۰,۷۹-۰,۹۹). علاوه بر این ، نتایج این مدل با داده های موجود در دانشگاه ایالتی IOWA در ایالات متحده با مدل ۳BELLS برای سایت های انتخاب شده و مقایسه می شود.

پیل و همکاران (Abdellatif, Peel et al. ۲۰۱۹) تصویربرداری فراطیفی برای بازرسی مستقل از خرابی های روسازی جاده ها انجام شده است. ایده اصلی این تحقیق این است که شکاف های موجود در جاده مواد داخلی روسازی جاده را نشان می دهد که به دلیل فرسودگی سطحی ، ترکیبات شیمیایی متفاوتی از مواد سطحی دارند.

روش کار: با استفاده از دوربین های HSC, Hyper Spectral Camera ، برای بازرسی مستقل از خرابی های روسازی جاده بازرسی مستقل از جاده ها برای بهبود کارایی تعمیر و نگهداری جاده ها انجام شده است .

روش تحلیل: تغییرات مادی سطح جاده منجر به ایجاد یک کتابخانه طیفی می شود که به راحتی در تصاویر HSC قابل تشخیص است. این شرایط تشخیص ترک ها و چاله ها را تسهیل می کند ، که فقط در دامنه طیف مرئی کار می کند دشوار است. همچنین با آزمایش با HSC تغییرات مواد جاده ای و ارتباط آنها با ترک ها و چاله ها را شناسایی شده اند. معیار جدیدی برای اندازه گیری میزان اکسیدهای فلز و مرتبط ساختن عدم وجود آن با ظهور ترک ها ابداع شد و نشان داده شده است که جدایی در ترک ها بیشتر از شاخص های مطالعات قبلی است .

پان و همکاران (Pan, Zhang et al. ۲۰۱۶) با استفاده از داده های سنجش از راه دور بر اساس تجزیه و تحلیل مخلوط اسپکتروم (MESMA) در مورد وضعیت توپوگرافی جاده مورد مطالعه قرار گرفت. شناسایی شرایط روسازی به دلیل حالت و شرایط جاده ها (سنین مختلف) هدف اصلی این مطالعه بود.

روش کار: ابتدا، آنها از طیف سنج استفاده کردند تا اندازه گیری های طیفی میدان را انجام دهند و سپس با استفاده از تصاویر ماهواره world View-2، با کیفیت بالا آنها را تحت پوشش منطقه قرار دادند. با استفاده از World View-2 و MESMA، ابزار مفیدی است که توسط مقامات برای نگهداری جاده ها استفاده می شود.

نتایج تحلیل این مطالعه این بود که سن هر مسیر مشخص از ویژگی طیفی خاص خود دارد. با استفاده از MESMA و RGB تصاویر آنها را به عنوان پیری اولیه (سبز)، متوسط سن (آبی) و پیر و جوان (قرمز) طبقه بندی شده است. تصویر GPR و طبقه بندی پیری جاده را به رنگ سبز، آبی و قرمز نشان می دهد. محققان این مطالعه نشان دادند که حل این مسئله با طیف سنجی با کیفیت بیشتر و پهنای باند بیشتر مطالعات آینده بهتر خواهد بود.

متاس و همکارانش (Mettas, Agapiou et al. ۲۰۱۶) در راستای شناسایی نقایص روسازی های انعطاف پذیر، در زمینه شناسایی منطقه طیفی تحقیق را انجام دادند. هدف اصلی بررسی شکاف تحقیقاتی در مرور منابع مطالعات قبلی و همچنین پوشش شکاف بود.

روش کار: این تحقیق بر روی ضایعات آسفالت سنگین مانند ترکها، ترک خوردن و پاک سازی در شهر پافوس در قبرس متمرکز شده است. علاوه بر این، آنها از حسگر Landsat-7 که از ۱ تا ۷ استفاده می کردند استفاده می کردند و به علت باند های آن می توانستند بین سنگ های آسفالته های بدون ریز، ترک خورده و جلا تمایز پیدا کنند در حالی که SVC HR-1024 طیف سنجی برای جمع آوری داده ها و اطلاعات مربوط به شرایط مختلف آسفالت (سن، بدون ترک، ترک خورده، ترک خوردگی حفره دار) مورد استفاده قرار دادند.

روش تحلیل این مطالعه اشاره می کند که آنها بر روی ایجاد کتابخانه طیفی برای از بین رفتن سطوح مختلف آسفالت از طریق داده های ماهواره ای متمرکز شده است. علاوه بر این، آنها دریافتند که پیری آسفالت به شدت در بازتاب آسفالت تاثیر می گذارد. علاوه بر این، ترک های فیزیکی با بازتاب بیشتر

نسبت به ترک های پچ شده مورد بررسی قرار گرفتند. آسفالت پولیش خورده با بازتاب بیشتر نسبت به آسفالت ناپایدار شناسایی شده است. شناسایی مهم این مطالعه ترکیبی از باندهای لندست ETM بود که باند برای تشخیص آسفالت در شرایط و سنین مختلف مفید بود.

اوما و هان (Nikolaou ۲۰۱۶) از تصاویر دوربین RGB استفاده کرده و تبدیل دایره ای را درون را به منظور تشخیص ترکهای خطی اولیه شروع کردند.

روش کار: برای این مطالعه ۷۲ تصویر از ضخامت آسفالت و یک رزولوشن مکانی ۱ میلیمتر انتخاب شدند. با تشخیص پیکسل های میکرو خطی و همسایه دلخواه، شکل ها را تحلیل می کنند. دقت ۸۳٫۲٪ از ۷۲ عکس آزمون نشان داد که این روش پریشانی میکرو خطی شناسایی شده است.

تحلیل و نتیجه گیری: به علت پیچیدگی و آسفالت های غیر یکنواخت آسفالت، تخریب آسفالتها در تصاویر خاکستری، تنها مسئله ای برای تشخیص لبه نیست، بلکه نیاز به درک ارقام محله درون سطح کرک ها، علل سطح بافت آسفالت آسفالت است و اختلالاتی که به عنوان همگنی در سطح آسفالت نشان داده شد.

توسط شاهی و همکاران (Shafri et al. ۲۰۱۵Shahi)

روش کار : در این تحلیل از رادیومتر طیف سنج دستی ASD برای به دست آوردن اطلاعات در مورد بازتابی طیفی سطح آسفالت و همچنین ایجاد یک کتابخانه طیفی استفاده شده است. علاوه بر این، برای بدست آوردن تفکیک فضایی بالایی و چند بعدی ماهواره ای از تصاویر ماهواره ای View-2 World استفاده شده است.

تحلیل نتایج: هدف از انجام این پروژه این بود که به طور خودکار شبکه های جاده ای را به نام شاخص استخراج جاده (REI)، از تصاویر ماهواره ای جهانی View-2 استخراج شود. علاوه بر این، برای تعیین

بهترین نورها به دلیل داده های طیفی که از طیف سنجی اشعه ایکس نتایج این مطالعه نشان داد که روش پیشنهادی ۸۶٪ دقیق است. گروه های آبی و NIR2 بهترین گروه برای استفاده از REI می باشند. در نهایت، زمانی که درختان و سایه ها در مناطق مطالعه وجود دارد خطا اتفاق می افتد.

متاس و همکارانش (Mettas, Themistocleous et al. 2015) سه روش مختلف از سنجش از دور را برای نظارت بر خسارات سنگین آسفالت مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

روش کار: خلاصه سه روش به این صورت می باشد: اولاً با استفاده از اسپکترومتریومتر SVC1024 با محدوده طیفی بین ۳۵۰ نانومتر تا ۲۵۰۰ نانومتر، داده های جاده ای با تفاوت در سن (جدید < ۱۰، > ۲۰ ساله) جمع آوری شد و کتابخانه طیفی این مطالعه را ایجاد کرد. ثالثاً داده های ارائه شده از آسفالت از ارتفاع های مختلف توسط ناوشکنی با وضوح بالا جمع آوری شد. دوربین ها و در مقایسه با کتابخانه طیفی انجام شده است. علاوه بر این، از چندین سنسور ماهواره ای با وضوح طیفی بالا (۵ متری) استفاده شده و پس از تصحیح تصاویر نتایج را با دو روش دیگر مقایسه می کند.

تحلیل نتایج: آنها دریافتند که پیری آسفالت همراه است با افزایش بازتاب برای نتیجه گیری، آنها اشاره کردند که همه یافته های آنها با مطالعات گذشته موافق هستند. همچنین، بررسی خروجی های این تحقیق نشان داد که سن آسفالت در معرض بازتاب قرار گرفته است. علاوه بر این، هنگامی که یک جاده در شرایط بد، مانند ترک ها و غیره که بر بازتاب اثر می گذارد، نظارت بر جاده ها دشوار است.

بریکلس و راندوپولو (Radopoulou and Brilakis ۲۰۱۵) با هدف شناسایی تکه های سطوح آسفالت با روش های سنجش از راه دور کم هزینه می باشند.

روش کار: آنها بر روی مطالعات قبلی تمرکز کردند که حسگرها مانند اسکنر لیزری، شتاب سنج، تصویربرداری و ویدئو در وسایل نقلیه برای شناسایی نقص های مختلف آسفالت مورد استفاده قرار گرفتند. در این مطالعه، داده های ویدئویی به دست آمده توسط دوربین در پارک ها استفاده می شود.

روش تحلیل: تشخیص خودکار تکه ها به یک ردگیر هسته ای منتقل شد تا دو بار تکه های مشابه را شناسایی کند. قبل از پردازش ها دو مرحله به مرحله قبل پردازش داده شد که هر داده غیر ضروری را حذف کرد و دوم، شناسایی کردن وصله. فرایند نهایی این روش تصویر باینری بود که در تاریکی ترین مناطق تصویر پیاده رو متمرکز بود که در بیشتر مواقع ناحیه معیوب را ارائه می داد. در نهایت این روش ۷۵٪ نتایج دقیق را نشان داد، با برخی از اشتباهات ارائه شده به علت وجود سایه. در نهایت، با استفاده از این روش، شناسایی دیگر نقص های آسفالت را آسان می کند.

دیامنتی و رندم (Diamanti and Redman ۲۰۱۲) از رادار نفوذ زمین (GPR) یک روش مفید برای تعیین ضخامت، عرض ترک روی سطوح آسفالت کردند. برای مطالعه آنها از هر دو مشاهدات میدانی و مدل های عددی GPR استفاده می شود. در هر دو طرف مسیر چرخ استفاده می شود ۱۰۰۰ MHz و ۲۵۰ MHz در مرکز خط. آنها همچنین از سیستم چندرسانه ای SPIDAR مبتنی بر کارت و سیستم های نقشه راه کانال های متصل به زمین استفاده کردند. با استفاده از دستان چرخان، آنها چندین اطلاعات فرکانسی از وضوح فضایی بالاتری را جمع آوری کردند. سپس داده های جمع آوری شده قبل از روش های عددی برای تعیین ابعاد ترک، تعیین می شوند. نتایج نشان داد که با استفاده از GPR 250 MHz، می تواند برای سختی بحرانی و اثرات موجبر موثر باشد، زمانی که GPR 1000 MHz برای تشخیص ترکهای عمودی بهتر است. در نهایت، نتایج نشان داد که کاراکترهای مشابه، اما تفاوت بین مقطع عرضی GPR و نتایج مدل سازی عددی را نشان می دهد.

دیومونیل و همکاران (Dumoulin, Ibos et al. ۲۰۱۰) در ترموگرافی مادون قرمز فعال به منظور شناسایی و مشخص کردن نقص در آسفالت کار کرده است.

روش کار: از یک دوربین مادون قرمز FLIR S65 با میکرو بولومتر خنثی استفاده کرد که حسگر FPA 320 240 عنصر حساس بود، پهنای باند طیف ۷,۵ تا ۱۳ میلی متر. نمونه هایی از آسفالت ها با لامپ

های هالوژن ۵۰۰ وات گرم شدند. سپس دمانگاشت آزمایشی برای گرم کردن مربعی ۶۰ ثانیه و ۳۰۰ ثانیه به منظور اصلاح خودکار یکنواختی در دوربین مادون قرمز به دست آمد.

نتیجه گیری و تحلیل: نتایج این مطالعه نشان داد که با استفاده از هر دو روش، نقص آسفالت شناسایی می شود. در نهایت، به عنوان یک نتیجه گیری اصلی از این مطالعه، می توان از دوربین های مادون قرمز خنثی با حساسیت کمتر حرارت برای تشخیص نقص ها استفاده کرد.

تحقیقات هرولد (Herold, Roberts et al. ۲۰۰۸) ارتباط بین وضعیت جاده بر اساس PCI و داده های سنجش از راه دور بررسی گردید .

روش کار: در این آزمایش، تکنیک های معمولی که توسط طیف سنج وسیع طیف گسترده ای از ASD برای ارزیابی نتایج جدید استفاده شد. داده های جمع آوری شده از طیف سنجی هواپیما / مادون قرمز (AVIRIS) که دارای ۲۲۴ نوار و گستره طیفی بین ۳۵۰ نانومتر تا ۲۵۰۰ نانومتر و وضوح فضایی ۴ متری است، اما با توجه به وضوح فضایی کم، استفاده از سنسور ابر پردازشگر (HST) و تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) که دارای بازتاب بهتر است (Herold و همکاران، ۲۰۰۴) نشان داد که رابطه بین سیگنال سنجش از راه دور و PCI در آسفالت در یک جاده با شرایط خوب قوی است، اما جاده هایی که دارای ترک، شیار و خرابی هستند، رابطه بین آنها را کاهش می دهد .

تحلیل داده ها : هر دو روش معمول و تجزیه و تحلیل سنجش از راه دور برای شناسایی جاده ها که در شرایط خوب یا در شرایط بسیار خوب هستند و نتایج دقیق تر هستند، موثر هستند، اما برای شرایط جاده ای ضعیف دیدگاه کارشناسان مورد نیاز است.

تحقیقات اولیه هرولد و رابرتز (Herold, Roberts et al. ۲۰۰۸) با هدف بررسی اثرات درخواستی در طیف روباز و ارزیابی سودمندی طیف سنجی تصویربرداری برای شرایط نقشه برداری جاده در سال بود. که این تقریباً اولین مطالعه در این حوزه خاص بود.

روش کار: برای جمع آوری داده هایی که دستگاه های طیف سنجی تحلیلی (طیف سنج کامل ASD) با محدوده طیفی از ۳۵۰ نانومتر تا ۲۴۰۰ نانومتر، به منظور ایجاد مجموعه طیفی خود و مقایسه داده های آنها با داده های وضعیت پیاده رو (PCI)، مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر این، برای طیف سنجی تصویربرداری، حسگر HST با ۲۲۷ باند از ۴۵۰ نانومتر تا ۲۴۵۰ نانومتر و وضوح فضایی ۰,۵ متر استفاده شده است.

تحلیل نتایج و جمع بندی: نتایج این آزمایش نشان داد که با توجه به فرسودگی آسفالت، آنها تحت تأثیر جذب هیدروکربن قرار گرفتند و افزایش روشنایی را در پی دارند. و همچنین ترک ها روشنایی را کاهش می دهد و ویژگی های جذب هیدروکربن را برجسته می کند. علاوه بر این، هنگامی که رو سازی جاده ای مسن تر است و بنابراین کیفیت نقشه پایین تر، محاسبات و نتیجه گیری ها سخت تر است. علاوه بر این، با مقایسه طیف سنجی میدانی، نظرسنجی در محل و طیف سنجی تصویربرداری، نتایج نشان داد که توانستند اثرات طیفی پیری آسفالت را ارائه دهند.

فصل ۲ مطالعات میدانی و پردازش تصاویر

ماهواره ای

۴-۱ مقدمه

بکارگیری روشهای نوین علم سنجش از دور که همان استفاده از سنجنده های متصل به ماهواره های تحقیقاتی برای ارزیابی زیرساخت های حمل و نقل و شناخت نقایص آن می باشد در کشور ما بسیار نوظهور بوده و نیاز به تحقیقات گروهی گسترده علمی و دانشگاهی و همچنین حمایت های مقامات دولتی را دارد زیرا دانش بهتر در مورد این روش ها به تصمیم گیری در مورد شرایط خاص در طول زمان کمک می کند. در سیستم های مدیریت روسازی برداشت اطلاعات به صورت دستی، نیمه مکانیزه و مکانیزه قابل انجام است.

۴-۲ مراحل تحقیق

هدف از این تحقیق تعیین شاخص خرابی سطح روسازی آسفالتی با سن مشخص و ایجاد ارتباط با طیف پاسخ همان مسیر می باشد برای رسیدن به این منظور ۴ مرحله تعریف و اجرا شده است.

- گام اول : معرفی منطقه مسیر مورد مطالعه و برنامه ریزی مطالعات
- گام دوم : ارزیابی های میدانی و محاسبه شاخص PCI
- گام سوم : دانلود تصاویر ماهواره ای مسیر مورد مطالعه ، حذف خطا ها و محاسبات طیف پاسخ
- گام چهارم: استخراج و تحلیل نتایج

۴-۳ معرفی منطقه مورد مطالعه

۴-۳-۱ شهر سبزوار

شهری در غرب استان خراسان رضوی، با مختصات جغرافیایی ۳۶،۱۲° شمالی ۵۷،۴۳° شرقی در شمال شرق ایران واقع شده است که نام پیشینه اش بیهق است. در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. سبزوار از

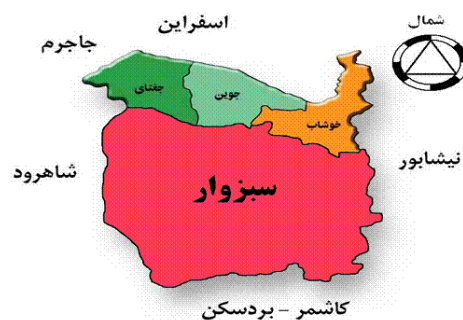
مهم‌ترین مراکز جمعیتی، دانشگاهی، فرهنگی، اسلامی و تاریخی شمال شرق ایران به شمار می‌آید و به عنوان یکی از نمادهای تاریخ و علم ایران مطرح شده‌است.



شکل ۴-۱. موقعیت سبزوار در روی نقشه ایران

۴-۳-۲ موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی

فاصله شهر سبزوار از طریق جاده ۴۴ با مشهد در شرق ۲۳۰ کیلومتر و با تهران در غرب ۶۶۰ کیلومتر است. شهرستان سبزوار واقع در غرب استان خراسان رضوی براساس آخرین تقسیمات کشوری دارای دو بخش به نام‌های مرکزی و روداب است. کوه‌های جغتای عامل جدایی دشت جویین از جلگه اصلی سبزوار بوده و در جنوب آن نیز کوه میش قرار دارد. به تعبیر دیگر سبزوار محصور در میان ارتفاعات شمالی و جنوبی است که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است. چهره منطقی شرقی و شمالی این شهرستان کوهستانی و دارای اقلیم معتدل و در قسمت‌های جلگه‌ای با هوای گرم همراه است.



شکل ۴-۲. موقعیت جغرافیایی شهر سبزوار

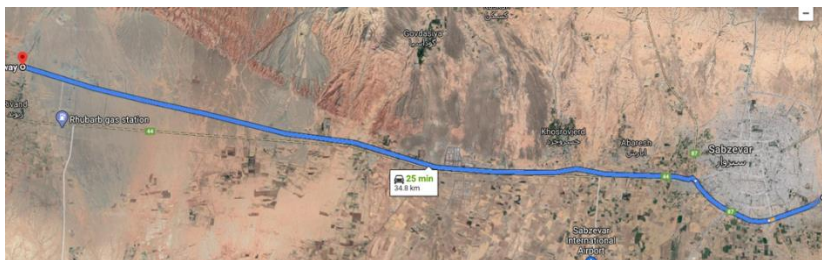
۴-۴ معرفی مسیر مورد مطالعه و برنامه ریزی مطالعات

مسیر انتخاب شده برای مطالعه و بررسی میدانی و ماهواره ای در این پژوهش شامل ۳۵ کیلومتر از ابتدای کمربندی باند شمالی محور سبزوار- شاهرود (طول کمربندی ۵ کیلومتر است) تا کیلومتر ۳۰ جاده مورد نظر به سمت شاهرود و ابتدای روستای ریوند می باشد. جنس روکش از آسفالت داغ بوده که عرض کمترین قسمت جاده ۷,۲ متر و بیشترین عرض آن ۱۰ متر می باشد.



شکل ۴-۳. موقعیت جغرافیایی سبزوار و وضعیت شهرهای همجوار

از سابقه ساخت و تعمیر و نگهداری این جاده اینگونه به نظر می رسد که عمر روسازی در محور مورد نظر از یک سال تا ۱۲ سال متغیر بوده است که توسط چندین پیمانکار مختلف روکش شده است. این مسیر در جاده مهم ابریشم واقع شده و عبور بارهای مهم ترافیکی و ترانزیتی از این مسیر این مسیر را متمایز می نماید. علاوه بر این در این مسیر یک پلیس راه ، یک مجتمع خدمات رفاهی بین راهی ، دو شهرک صنعتی ، یک پمپ بنزین ، چندین عدد خروجی، دوربرگردان و دهانه پل ها می باشد که این نقاط و بطور ویژه مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۴-۴ خط مسیر مورد مطالعه در تصاویر ماهواره های نشان داده شده است.

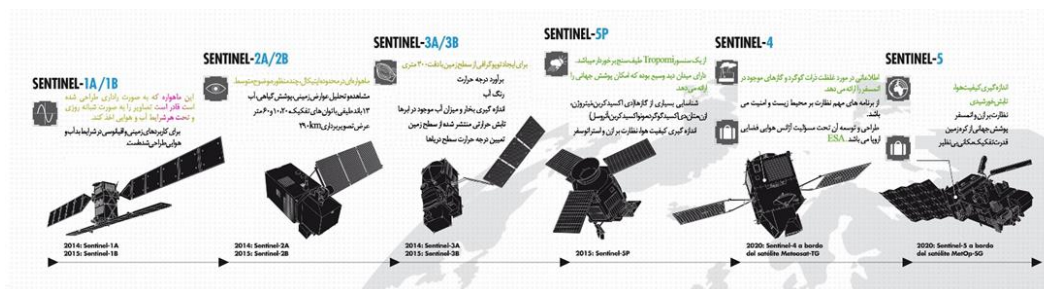


شکل ۴-۴. خط مسیر مورد مطالعه در google map

۴-۵ ماهواره سنتیل دو

۴-۵-۱ معرفی

از سری ماهواره‌های سنتیل، تاکنون ۶ ماهواره (سنتیل ۱ تا ۶) به فضا پرتاب شده‌اند یکی از مهم‌ترین این ماهواره‌ها و در واقع دومین ماهواره از این سری، ماهواره سنتیل ۲ می باشد. این ماهواره در ۲۳ ژوئن ۲۰۱۵ توسط سازمان فضایی اروپا طراحی و به فضا پرتاب گردید که در شکل ۴-۵ نشان داده شده است. ماهواره فوق، دارای دو سنجنده S2A و S2B و همچنین دارای مدار قطبی است و از ۱۳ باند طیفی در محدوده‌های مرئی (Visible)، مادون قرمز نزدیک (VNIR) و مادون قرمز کوتاه (SWIR) تشکیل شده است. (Wang, Shi et al. ۲۰۱۶) این باندها، دارای سه دسته باند از لحاظ تفکیک مکانی می‌باشند. باندهای ۲، ۳، ۴ و ۸ دارای تفکیک مکانی ۱۰ متر و باندهای ۵، ۶، ۷، ۸A، ۱۱ و ۱۲ تفکیک مکانی ۲۰ متر و باندهای ۱، ۹ و ۱۰ از تفکیک مکانی ۶۰ متر برخوردارند. (Wang and Atkinson ۲۰۱۸) داده‌های یاد شده، علاوه بر تفکیک مکانی مناسب (۱۰، ۲۰ و ۶۰ متر) از تفکیک طیفی نسبتاً خوبی (محدوده ۴۴۳ تا ۲۱۹۰ نانومتر) نیز برخوردارند.



شکل ۴-۵. معرفی خانواده ماهواره سنتینل

تفکیک زمانی ماهواره سنتینل ۲، سیزده روز می‌باشد که تاحدی قابل مقایسه با برنامه ماهواره لندست است. ماهواره سنتینل ۲ خورشید آهنگ بوده، مدار چرخش آن در ارتفاع ۷۸۶ کیلومتر واقع شده و عرض برداشت داده آن 290 (Swath) کیلومتر می‌باشد. این ماهواره با هدف مشاهده و تحلیل عوارض زمینی، پوشش گیاهی و آب طراحی شده است. طراحی این ماهواره به گونه‌ای است که سنجنده‌های آن بسیار حساس به تغییرات در انواع پوشش گیاهی (جنگل‌ها و محصولات زراعی) است، لذا از کاربردهای این ماهواره می‌توان به مطالعات پوشش گیاهی و مطالعات زیست‌محیطی در مقیاس جهانی اشاره نمود. همچنین داده‌های آن، در بحث تولید نقشه‌های راه، خاک، مخاطرات زمین‌شناختی، مدیریت اراضی و مطالعات آب کاربرد دارند. دسترسی رایگان به داده‌های این ماهواره باعث شده تا اطلاعات آن در عرصه جهانی، پتانسیل خوبی جهت پردازش داده‌ها داشته باشند.

جدول ۴-۱ مشخصات کلی باندهای ماهواره سنتینل ۲ به همراه کاربردهای آن را نمایش می‌دهد.

جدول ۴-۱. جدول زیر مشخصات کلی باندهای ماهواره سنتینل ۲ به همراه کاربردهای آن را نمایش می‌دهد.

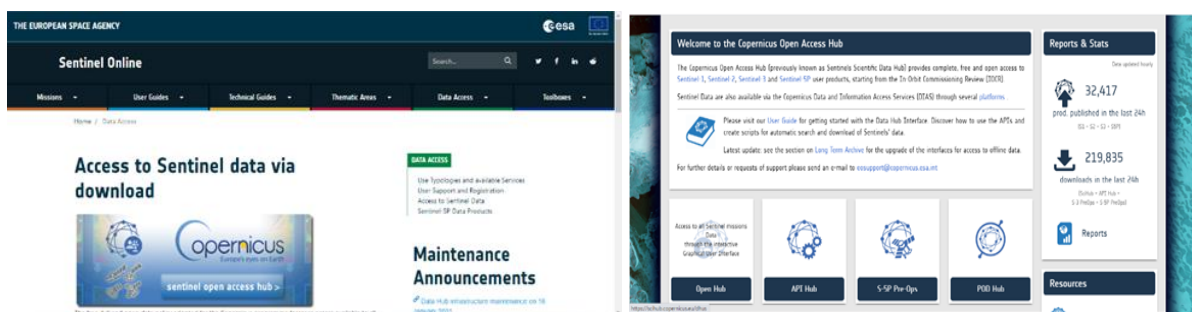
Band	Band	Central wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Spatial resolution (m)	Objective
B1	VNIR	443	20	60	Aerosol Correction
B2		490	65	10	Aerosol Correction, Land Measurement Band
B3		560	35	10	Land Measurement Band
B4		665	30	10	Land Measurement Band
B5		705	15	20	Land Measurement Band
B6		740	15	20	Land Measurement Band
B7		783	20	20	Land Measurement Band
B8		842	115	10	Water Vapor Correction, Land Measurement Band
B8a		865	20	20	Water Vapor Correction, Land Measurement Band
B9	SWIR	945	20	60	Water Vapor Correction
B10		1380	20	60	Cirrus Detection
B11		1610	90	20	Land Measurement Band
B12		2190	180	20	Aerosol Correction, Land Measurement Band

۴-۵-۲ نحوه دانلود عکس های ماهواره سنتینل ۲:

هدف نهایی این پژوهش مقایسه نتایج بررسی های میدانی با خروجی داده های ماهواره ای جهت پیش بینی های لازم در راستای پیش روی خرابی روسازی و انجام بهترین اقدام در قالب اقدامات پیشگیرانه می باشد. آرشیو عکس آن برای قسمت مورد مطالعه از سال ۲۰۱۷ میلادی در دسترس می باشد. برای دسترسی به آرشیو عکسهای ماهواره sentinel-۲ بایستی به سایت ماهواره مورد نظر و در قسمت دسترسی به داده های آن به آدرس لینک زیر مراجعه کرد:

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access>

طبق شکل ۴-۶ باید عمل شود.



شکل ۴-۶. نحوه دسترسی به داده های ماهواره سنتینل

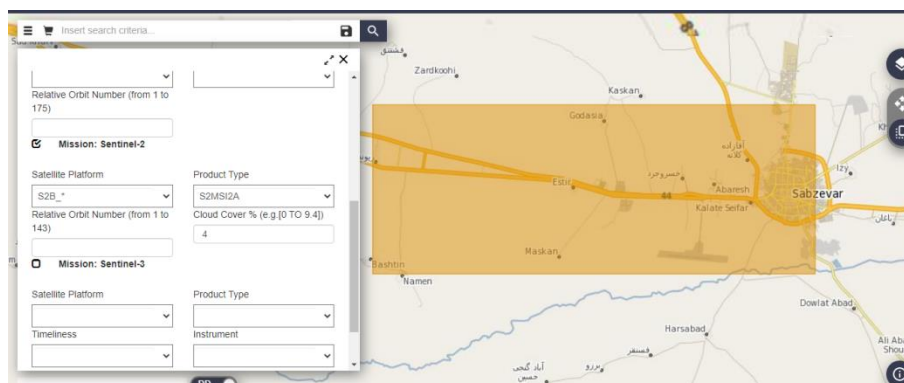
برای دسترسی به آرشیو این ماهواره پس از عضویت در سایت سازمان فضایی اروپا^۱ می توان عکسهای مورد نظر را دانلود کرد. نحوه ورود در شکل ۴-۷ نشان داده شده است.



شکل ۴-۷. نحوه دسترسی به آرشیو عکسهای ماهواره سنتینل ۲ در سایت سازمان فضایی اروپا

¹ Copernicus

ابتدا باید محدوده مورد مطالعه را از روی نقشه بوسیله Switch to Aera mode انتخاب شود و سپس در منوی سمت چپ Insert search criteria جزئیات جستجو را در قسمت مورد نظر وارد کرد، در این منو ابتدا تاریخ بازه مورد نظر، نحوه چرخش ماهواره و همچنین چگونگی نمایش لیست عکسها را بصورت صعودی و یا نزولی انتخاب می شوند شکل ۴-۸ سپس در قسمت انتخاب ماهواره؛ خصوصی سازی سنتینل ۲ می توان Satellite Platform S2B یا S2A و Product Type : S2MSI2A مورد نظر پوشش ابر cloud cover حداقل باشد.



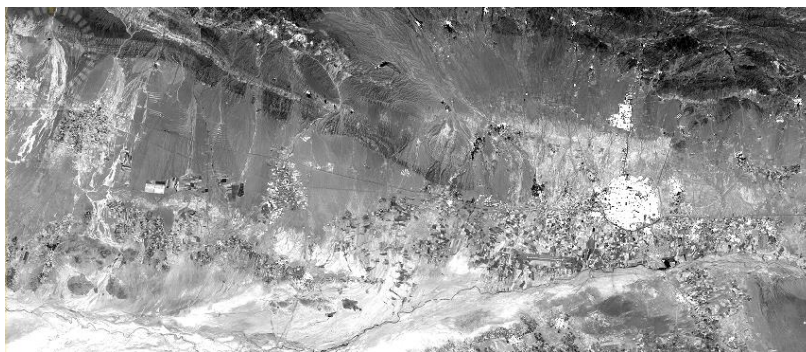
شکل ۴-۸ روش انتخاب مسیر مورد نظر و وارد کردن جزئیات جستجو در سایت SENTINEL

پس از انجام جستجو حدود ۲۰۰ عکس با کیفیت مورد نظر برای این بازه از اواسط سال ۲۰۱۷ تا زمان جستجو موجود می باشد. اولین پوشه حاوی داده های سنتینل ۲ دانلود شده دارای نام طولانی است که ممکن است در هنگام پردازش مشکلاتی را موجب شود. پوشه داده را بایستی از حالت فشرده (zip) خارج نموده و نام مختصری برای آنها انتخاب کرد. که بنا به ضرورت های تعریف شده در مسئله ۴ مورد از آنها را دانلود شده است که لیست آنها جدول زیر آمده است.

جدول ۴-۲. لیست عکسهای دانلود شده سنتینل

ردیف	تاریخ عکس	سنجنده	نوع عکس	درصد ابر
۱	2020/06/25	S2B	S2MSI2A	۰
۲	2020/06/02	S2A	S2MSI2A	2.4
۳	2016/12/08	S2A	S2MSI1C	۱

نمونه عکس شماره ۴-۹ در زیر نمایش داده شده است



شکل ۴-۹. نمونه عکس هوایی سنتینل ۲ دانلود شده

۴-۵-۳ باندهای مورد مطالعه در ماهواره سنتینل

با توجه به عرض جاده های بزرگراه مورد مطالعه در این تحقیق که حداکثر می تواند ۱۲ متر باشد و نیاز به بالاترین دقت طول موج بنابراین از ۴ باند B2, B3, B4, B8 که دقت ۱۰ متری دارند و طول موج ۴۴۳ تا ۸۸۵ نانومتر که بهترین طول موج برای تحلیل بازتاب آسفالت هستند مطابق با جدول ۴-۳ استفاده شده اند.

جدول ۴-۳. مشخصات باندهای B2, B3, B4, B8

ردیف	نام باند	طول موج	منطقه طیفی پوشش داده شده	کیفیت فضایی باند
1	B2	490 nm	سبز	10M
2	B3	560nm	قرمز	10M
3	B4	665nm	آبی	10M
4	B8	842nm	مادون قرمز	10M

۴-۵-۴ نحوه پردازش تصاویر ماهواره سنتینل ۲ با کمک نرم افزار

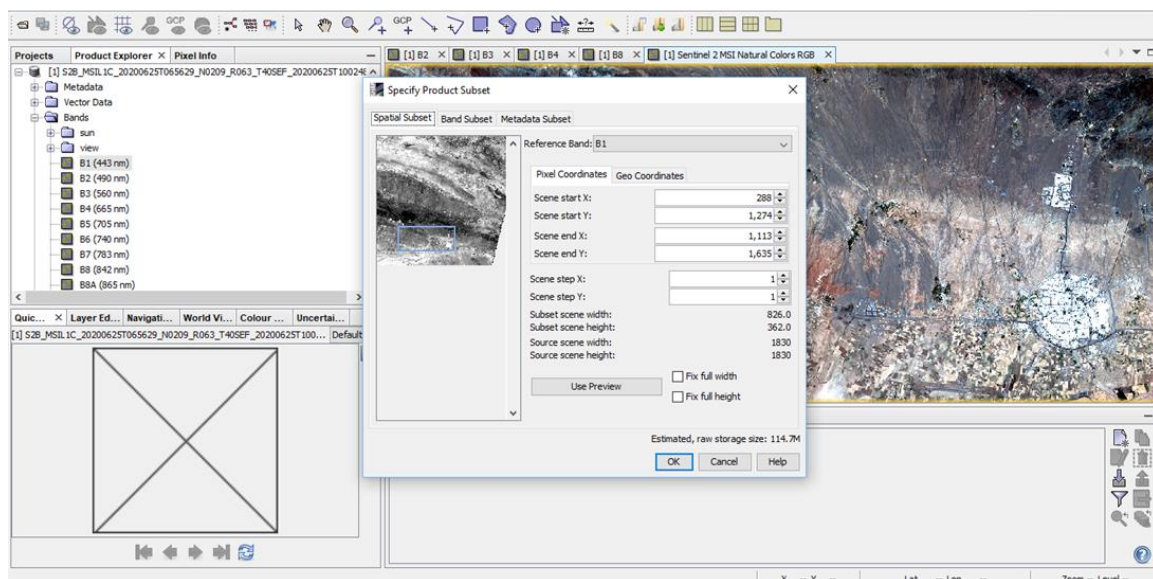
اسنپ

عکسهای ماهواره سنتینل ۲ دارای پوشه Granule حاوی اطلاعات تصویری (IMG_Data) با فرمت jp2 می باشد. نرم افزارهای ENVI و جدیدتر از آن، SNAP و ARCGIS نرم افزارهای مناسب پردازش داده های سنتینل هستند. نرم افزار SNAP مخفف عبارت Sentinels Application Platforms به عنوان یک نرم - افزار متن باز برای پردازش داده های ماهواره ای سری سنتینل است. این نرم افزار متن باز که توسط سازمان فضایی اتحادیه اروپا طراحی شده است بصورت کاربردی و موثری قابلیت اجرای انواع پردازش های تخصصی ماهواره های سری سنتینل به همراه داده های راداری را فراهم آورده است که با استفاده از زبان برنامه نویسی پایتون پشتیبانی میشود (Djamai and Fernandes ۲۰۱۸) و کاربران این امکان را دارند تا انواع پردازش ها در آن را بصورت مدل های فلوچارتی و یا با استفاده از روش های کدنویسی بصورت پیوسته و پشت سرهم به اجرا در بیاورند.

با استفاده از این نرم افزار، انواع داده های ماهواره ای اروپایی مانند ماهواره های سری سنتینل و پروبا قابل پردازش است. مهم ترین مزیت این نرم افزار آن است که تقریباً تمامی پردازش های اصلی داده های راداری مانند انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریکی، تعدیل ویژگی اسپکل، به همراه تداخل سنجی راداری را بصورت متن باز و همراه با لایسنس معتبر پشتیبانی می کند. الگوریتم sen2core که در نرم افزار SNAP طراحی شده، امکانی را فراهم آورده تا کاربر بتواند با دقت بالا نسبت به حذف اثر اتمسفر از روی داده های این ماهواره اقدام کند. با استفاده از این نرم افزار میتوان بیش از ۳۰ شاخص طیفی مختلف را برای داده های ماهواره ای سری سنتینل ۲ محاسبه کرد که بصورت تخصصی برای داده های ماهواره ای سنتینل ۲ و ۳ کاربردی است. در این نرم افزار، دستورات قدرتمندی برای طبقه بندی تصاویر ماهواره ای فراهم آورده شده است.

همچنین نرم افزار SNAP امکانات بسیار متعددی دارد و از پلاگین های گوناگونی تشکیل شده است. در این رابطه شاید مهم ترین مزیت این نرم افزار قابلیت بروزرسانی آن از طریق سیستم اینترنت است. در هر بار ورود به این نرم افزار با اتصال به اینترنت، نسبت به بروزرسانی ویژگی های مختلف آن اقدام می کنیم خود نرم افزار بصورت خودکار بروز می شود.

پس از اجرای نرم افزار SNAP در نوار ابزار نرم افزار روی گزینه Open Product کلیک کرده و فایل های دانلودشده را از این قسمت باز کرده و اجرا می شود. پس از خواندن فایل عکس مورد نظر در نوار ابزار سمت راست برنامه روی گزینه Product Explorer رفته و چهار آیتم از فایل عکس مورد نظر به نام های: Metadata , Vector Data, Bands, Masks قابل مشاهده می باشند، که در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده اند. جعبه ابزار ESA از بهره برداری علمی برای مأموریت های ERS-ENVISAT ، مأموریت های Sentinels 2 و طیف وسیعی از مأموریت های ملی و شخص ثالث پشتیبانی می کند. سه جعبه ابزار به ترتیب Sentinel 1، 2 و 3 جعبه ابزار نامیده می شوند و دارای معماری مشترکی به نام SNAP هستند. (Zuhlke, Fomferra et al. ۲۰۱۵) آنها حاوی برخی ویژگی های جعبه ابزارهای تاریخی مانند BEAM، NEST و Orfeo Toolbox هستند که طی سالهای گذشته توسعه یافته اند.



شکل ۴-۱۰. نحوه نمایش و پردازش عکس مسیر مورد نظر در نرم افزار اسنپ

۴-۵-۵ انواع خطاها و روش حذف آن در عکسهای ماهواره سنتینل

۴-۵-۵-۱ خطاهای موضوعی

این نوع خطاها به دقت نقشه های تولید شده از تصاویر ماهواره ای بستگی دارد و با کمک تکنیک های مربوط به ماتریس خطاها اندازه گیری می شود. (زاده, امینی. ۲۰۱۶ et al.) در ماهواره سنتینل این نوع خطاها کمتر به چشم می آیند.

۴-۵-۵-۲ خطاهای مکانی

این خطاها در حقیقت همان خطای هندسی است. یک تصویر ماهواره ای از لحاظ هندسی اشاره به این دارد که مختصات های نمایش داده شده در تصویر تا چه اندازه درست هستند و اینکه باید از لحاظ مختصاتی با سایر داده های موجود هم خوانی داشته باشند. (گنجی ، قره چلو ، احمدی ۲۰۲۰) با استفاده از تکنیک های تصحیحات هندسی می توان نسبت به اصلاح خطاهای موجود در این رابطه اقدام نمود که امروزه بسیاری از داده های ماهواره ای بصورت زمین مرجع شده عرضه می شوند و از لحاظ هندسی قابل اطمینان هستند.

۴-۵-۵-۳ خطاهای طیفی

بسیاری از تصاویر ماهواره ای بصورت تصحیح شده عرضه می شوند با این حال هنوز کاربران بصورت کامل از مرحله تصحیحات رادیومتریکی به منظور برطرف سازی خطاهای طیفی جدا نشده اند. تصاویر ماهواره ای از لحاظ رادیومتریکی و طیفی دارای خطاهایی هستند. عنوان مثال تصحیح اثر اتمسفر یکی از مرسوم ترین روش های تصحیح خطاهای طیفی است که بواسطه آن می توان نسبت های بازتابی صحیح هریک از پدیده ها را محاسبه کرد. (گنجی ، قره چلو ، احمدی ۲۰۲۰)

۴-۵-۵-۴ خطاهای تکنیکی

خطاهای تکنیکی بر اساس دستورالعمل های پردازشی اشتباه ایجاد می شوند. در سنجش از دور برای استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره ای نیاز به انجام سلسله ای از پردازشی های مشخص و معنی دار برای رسیدن به یک هدف مشخص است. در صورتی که ترتیب درست پردازش ها در نظر گرفته نشود، نتایج بدی را به همراه خواهد داشت. بنابراین باید تلاش کنند تا با صحیح ترین و کمترین تعداد مراحل پردازشی به اطلاعات هدف دسترسی پیدا کنند.

۴-۵-۶ پارامترهای آماری اندازه گیری خطا در تصاویر ماهواره ای

۴-۵-۶-۱ اعتبار سنجی کیفی

اعتبارسنجی کیفی به صورت بصری و با کمک تجربیات قبلی قابل بررسی هستند. (Zhou, He et al. ۲۰۱۹) به عنوان مثال روشن تر بودن پوشش گیاهی در مقایسه با سایر پوشش ها در شاخص NDVI یک امر بدیهی است اما در صورتی که خروجی NDVI چنین چیزی را نشان ندهد، بیانگر وجود خطا در محاسبه است.

۴-۵-۶-۲ اعتبار سنجی کمی

این اعتبار سنجی ها با کمک پارامترهای آماری کاربردی قابل اندازه گیری هستند که مهمترین آنها در لیست ذیل ذکر شده اند:

• پارامتر ماتریس خطاها

این پارامتر به کمک ماتریس خطا اندازه گیری میزان تطابق هریک از کلاس ها با پوشش های متناظر آن در سطح زمین را انجام می دهد. در این ماتریس دقت کلی نقشه و دقت هریک از کلاس ها بصورت جداگانه اندازه گیری می شود.

• پارامتر RSME

به زبان ساده این پارامتر نشان دهنده اختلاف دو مقدار اندازه گیری شده است. (Unger, Kulhavy et al. ۲۰۱۳) این پارامتر بیشتر برای اعتبارسنجی دقت هندسی تصاویر ماهواره ای و مقادیر رادیومتریکی استخراج شده از تصاویر ماهواره ای استفاده می شود.

$$RSME = \sqrt{\sum_{N=1}^N X(1+x)^n \frac{1}{N}}$$

• پارامتر Correlation

همبستگی یکی دیگر از پارامترهای کاربردی است که نشان دهنده میزان تطابق تغییرات دو یا چند پارامتر نسبت به یکدیگر است. در رابطه RMSE میزان دقت مطلق مورد توجه است اما در رابطه همبستگی نسبت تغییرات در نظر گرفته می شود.

۴-۵-۷ تصحیحات داده و نتایج عکسهای ماهواره ای

• تصحیحات هندسی

• کالیبراسیون رادیومتریک

• تصحیحات اتمسفری

• ماژول فلش^۱

ماژول فلش برای حذف اثر جو بر روی بازتاب زمین مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین به منظور کاهش تاثیرات ناحیه های غیر جاده ای بر نتایج، به سادگی مناطق جاده ها را با استفاده از چند ضلعی Vector با استفاده از ابزار GIS مشخص می شوند. این چند ضلعی ها از طریق تفسیر بصری تصاویر با وضوح بالا، هر کدام از آنها بخش هایی از جاده را در ناحیه مطالعه پوشش می دهند.

¹ FLAASH

۴-۶ نحوه ارزیابی های میدانی و محاسبه شاخص

شرایط روسازی^۱:

برای اینکه وضعیت حال حاضر مسیر انتخابی مورد ارزیابی قرار بگیرد چند روش وجود دارد و در این تحقیق از بین آنها روش میدانی بررسی شرایط روسازی با استفاده از معیار PCI را انتخاب شده است.

۴-۶-۱ شاخص شرایط روسازی

شاخص شرایط روسازی PCI شاخصی عددی است بدون بعد برای اندازه گیری سلامت روسازی است. این شاخص عددی بین ۰ و ۱۰۰ است، که ۰ نمایانگر راه با کیفیت بسیار پایین و ۱۰۰ نشان دهنده روسازی بدون نقص است. شاخص PCI دربردارنده انواع خرابی های روسازی عنوان شده در فصل ۱ از جمله ترک های روسازی، شیار ها، چاله، قیر زدگی و غیره می باشد، (فخری، منصور et al). بنابراین محاسبه آن نیازمند جمع آوری داده درباره معایب روسازی و اندازه شدت آنهاست. این شاخص در بسیاری کشورهای دنیا برای اندازه گیری سلامت انواع راهها کاربرد دارد. شاخص شرایط روسازی نخستین بار توسط ارتش امریکا معرفی شد، اما فرایند محاسبه آن امروزه توسط ASTM استانداردسازی شده است.

جدول ۴-۴. انواع خرابی های روسازی با دسته بندی شدت آنها

انواع خرابی های روسازی های آسفالتی						
ردیف	شرح خرابی	واحد	شدت خرابی			توضیحات
			L	M	H	
1	برآمدگی و فرورفتگی	مترمربع	کیفیت سواری با شدت کم	کیفیت سواری با شدت متوسط	کیفیت سواری با شدت زیاد	
2	پائین افتادگی شانه	مترطول	25-50mm	51-100mm	>100mm	اختلاف لبه و شانه
3	ترک خوردگی انعکاسی درز	مترمربع	<10mm	10-76mm	>76mm	عرض ترک
4	ترک خوردگی بلوکی	مترمربع	<10mm	10-20mm	>20mm	عرض بازشدگی
5	ترک خوردگی پوست سوسماری	مترمربع	ترک موئی	ترک خفیف	ترک گسترده	
6	ترک خوردگی طولی و عرضی	مترطول	<10mm	10-76mm	>76mm	عرض ترک

¹ Pavement Condition Index

7	ترک خوردگی لبه	مترطول	بدون جداشدن دانه ها	با جداشدن دانه ها	خرد شدگی	
8	ترک خوردگی لغزشی	مترطول	<10mm	10-38mm	>38mm	عرض ترک
9	تورفتگی یا نشست موضعی	مترمربع	13-25mm	25-51mm	>51mm	عمق نشست
10	تورم	مترمربع	کیفیت سواری با شدت کم	کیفیت سواری با شدت متوسط	کیفیت سواری با شدت زیاد	
11	چاله	مترمربع	13-15mm	25-51mm	>51mm	عمق چاله
12	شیار ویاگودافتادگی مسیرچرخها	مترمربع	6-13mm	13-25mm	>25mm	
13	طیقلی شدن دانه ها	مترمربع				
14	کنار رفتگی- فتيله شدن	مترمربع	کیفیت سواری با شدت کم	کیفیت سواری با شدت متوسط	کیفیت سواری با شدت زیاد	
15	گذرگاه راه آهن		کیفیت سواری با شدت کم	کیفیت سواری با شدت متوسط	کیفیت سواری با شدت زیاد	
16	قیرزدگی	مترمربع				
17	موج زدگی	مترمربع				
18	وصله و کنده کاری	مترمربع				
19	هوا زدگی و دانه دانه شدن	مترمربع				

۴-۶-۲ جزئیات روش کار و برداشت های میدانی

برای بدست آوردن PCI بررسی میدانی تمامی مسیر مورد مطالعه و برداشت اطلاعات میدانی و بررسی و ورود کلیه اطلاعات و خرابی های نمونه های تصادفی در جدول شاخص خرابی روسازی الزامی می باشد و بسته به نوع و شدت خرابی مشاهده شده طبق جدول ۴-۴ تمامی آنها را با جزئیات وارد جدول نمونه می شود . برای محقق شدن این هدف تمام مسیر را با در نظر گرفتن بار ترافیکی ، عمر روسازی و نحوه روکش و تعمیر نگهداری به هشت قطعه بین ۴ تا ۶ کیلومتر تقسیم شده و در هر قطعه نمونه های تصادفی را با مساحت تقریبی حدود ۳۰۰ متر مربع انتخاب می شود و در این نمونه ها به بررسی انواع خرابی های موجود در آن پرداخته می شود. برای اندازه گیری طول و مساحت و جزئیات خرابی های نیاز به یک خط کش ، متر، گونیا و تراز و نیز یک کتابچه راهنمای PCI می باشد.

محاسبه شاخص خرابی در قطعه شماره ۱:

قطعه شماره ۱ از ابتدای مسیر سبزوار- شاهرود شروع می شود. این قطعه از میدان سربداران شروع شده و تا انتهای محدوده پلیس راه ادامه پیدا می کند. این قطعه به علت متصل بودن به شهر سبزوار و عبور بارهای ترافیکی سنگین، مهمترین قطعه این در پروژه می باشد. پس از محاسبات اولیه مساحت اولیه برای هر نمونه حدود ۲۸۰ تا ۳۰۰ متر مربع باید باشد که با توجه به عرض ۱۰ متری جاده برای هر نمونه طول ۳۰ متر انتخاب می شود. نمونه ها در قطعات بصورت منظم و با فاصله ۶۰ متری از هم انتخاب می شوند.

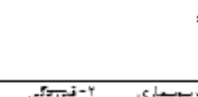
در هر نمونه جزئیات وضعیت روسازی سنجیده شده و تمام خرابی های موجود با معیار های ذکر شده در جدول ۴-۴ وارد آن می شوند. در شکل ۴-۱۱ نحوه برداشت طول خرابی نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۱ نحوه برداشت داده ها در نمونه های تصادفی

سپس تمامی خرابی های مشاهده شده سطح نمونه با معیار اندازه گیری آنها را وارد پرسشنامه بررسی وضعیت آن نمونه می کنیم. برای هر نمونه باید از پرسشنامه جدید استفاده شود. کد خرابی ها که در پرسشنامه آمده است همان کدی است که در سیستم نهایی محاسبه شاخص خرابی با همان Micro Pavar بکار برده شده است. هر سطر در پرسشنامه برای معرفی یک نوع خرابی با سطح شدت معین بکار می رود. برای مثال در شکل ۴-۱۱ خرابی شماره ۱۵ (شیار شدگی) بر حسب متر طول اندازه گیری شده است. به عنوان نمونه در جدول ۴-۵ پرسشنامه برای قطعه شماره ۱ نمونه شماره ۳ آورده شده است.

جدول ۴-۵ پرسشنامه بررسی وضعیت روسازی برای نمونه شماره ۳ از قطعه ۱

روشی آسفالتی برپشته‌ها بررسی وضعیت واحد نمونه				کروکی: ۲۰ m				
قطعه: ۱ واحد نمونه: ۳		موقعیت نمونه (GPS):						
تاریخ: ۱۳۹۸/۰۶/۱۰ مساحت نمونه: ۳۰۰ m ²								
۱- ترک خوردگی بیضت سیمعاری ۲- قیرریزی ۳- ترک خوردگی بلوکی ۴- برآمدگی و فرو رفتگی ۵- ترک خوردگی طوبای و غرقابی ۶- تورفتگی ۷- ترک خوردگی لبه ۸- ترک خوردگی لنگش خیز ۹- یابین افتادگی شقه ۱۰- موج زدگی ۱۱- وصله و کثرتکاری ۱۲- حیفایی شدن دهخا ۱۳- گسترگانه ران آهن ۱۴- چاله ۱۵- شیارشدگی ۱۶- کنتر رفتگی ۱۷- ترک خوردگی لغزشی ۱۸- تورم ۱۹- جوی زدی / دکه دکه شدن								
نوع و شدت خرابی	میزان خرابی					کل	درصد تراکم	فهرست کفشدگی
۱۵L	۲۰	۲۰				۴۰	۱۰	۲۷
۲L	۳۶	۶۵				۱۰۰	۲۵	۸
۱۰L	۱۲					۱۲	۳	۵
۱۵L	۲۰	۲۰				۴۰	۱۰	۲۷
#	ضرر آسیب کا هندی					گل	q	CVD
۱	۵	۵	۲۷			۳۷	۳	۲۲
۲	۲	۵	۲۷			۳۴	۲	۲۴
۳	۲	۲	۲۷			۳۱	۱	۳۰
۴								
PCI = ۱۰۰ - Max (CVD) = ۱۰۰ - ۳۰ = ۷۰								

محاسبه شاخص خرابی در سایر قطعات:

همانگونه که در قسمت قبل توضیح داده شد ، بسته به نوع بار ترافیک عبوری و سال ساخت ، مطالعات در سطح پروژه به قطعات مختلفی تقسیم می شود. که در هر قطعه نمونه های تصادفی انتخاب می شوند. برای قطعات شماره ۲ تا ۷ که از بعد پلیس راه تا انتهای حوزه مورد مطالعه می باشند روش کار شبیه به هم می باشد . در این قطعات خرابی ها شیار شدگی و ترک خوردگی بلوکی، انعکاسی و سازه ای مشاهده شده است.

برای هر نمونه با روش الگوریتم کاهشی PCI ها محاسبه گردید و با اطلاعات دیگر از قبیل شماره نمونه و همچنین مختصات جغرافیایی در جدول نتایج ثبت گردید. عمده خرابی های مورد بررسی در این نمونه ها ترک های پوست سوسماری، ترک انعکاسی و ترک بلوکی ، شیار شدگی، وصله ، چاله و قیر زدگی می باشند.

۴-۷-۱ الگوریتم محاسبه PCI

برای محاسبه PCI لازم است که برای هر نوع خرابی و هر سطح شدت آن (درصد خرابی) ضرائب کاهندگی را از منحنی های مربوط به ضرائب کاهندگی هر نوع خرابی استخراج نمود و پس از آن برحسب تعداد ضرائب کاهندگی مجاز و سایر مراحل درج شده در نشریه ۲۹۶ سازمان مدیریت و برنامه ریزی در خصوص نحوه محاسبه PCI ، تحلیل هر نمونه انجام می گردد و پس از آن با داشتن PCI متوسط و جدول زیر میتوانید اظهار نظر کارشناسی خود را در خصوص وضعیت روسازی راه اعلام نمائید. در الگوریتم محاسبه PCI عدد m به دست آید. عدد m بزرگترین عدد کاهنده^۱ MDV باشد. (Wu ۲۰۱۵) عبارت دیگر تأثیر خرابی ها بدست می آید و بدین صورت عمل می کند که هرچه HDV بزرگتر باشد خرابی های کوچکتر کمتر در محاسبه PCI دلالت داده می شود.

بنابراین باعث تبدیل شاخص PCI در روسازی های دارای یک نوع خرابی غالب می شود و مقدار m از رابطه زیر به دست می آید:

M : تعداد اعداد کاهنده

HDV : بزرگترین عدد کاهنده در واحد نمونه

سپس این چرخه آنقدر ادامه پیدا میکند که بیشترین CDV بدست آمده را از عدد ۱۰۰ کم می شد که این عدد همان شاخص خرابی روسازی خواهد بود. در جدول زیر یک نمونه محاسبات آن آمده است.

¹ High hestoeeduct value)

جدول ۴-۷ نمونه یک پرسشنامه و محاسبات آن

تقاطع: 2 واحد نمونه: 6						روسازی انفالائی پرستشاه بررسی وضعیت واحد نمونه			
تاریخ: 1398/06/10 مساحت نمونه: 300 m ²									
۳- ترک خوردگی باونکی						۲- جبرزدگی		- ترک خوردگی پوست سوسامری	
۴- ترک بردگی و فرورفتگی						۶- تورفتگی		- ترک خوردگی طولی و عرضی	
۸- ترک خوردگی انعکسی درز						۱۰- موج زدگی		- پائین افتادگی شاله	
۱۲- صیقلی شدن داله ها						۱۴- چاله		- گذرگاه راه آهن	
۱۵- شیارشدگی						۱۸- توروم		- ترک خوردگی لغزشی	
۱۹- حواردگی / داله داله شدن									
میزان خرابی						کل		درصد تراکم	
نوع و شدت خرابی									
1M						2		0.7	
2						15		5	
5L						14		4.7	
14									

تهیه جدول نتایج و ارزیابی های میدانی : پس از اتمام بررسی های میدانی و محاسبات تمامی اطلاعات بدست آمده از قبیل شماره نمونه و قطعه، طول و عرض جغرافیایی و سن روسازی را به همراه PCI ها محاسبه شده وارد جدول نتایج می شود . به عنوان نمونه قسمتی از جدول ۴-۸ آورده شده است. پس تا این مرحله یک جدول با ۲۰۷ ردیف که هر ردیف اطلاعات مربوط به یک نمونه از مسیر را دارد ایجاد و ثبت شده است. جدول کامل شده این مرحله در پیوست شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۴-۸. قسمتی از نتایج ارزیابی های میدانی

ردیف	شماره نمونه	شماره قطعه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	سن روکش	PCI
1	1	1	N36.20621	E057.64888	12	42

44	12	E057.64785	N36.20620	1	2	2
70	12	E057.64662	N36.20639	1	3	3
16	12	E057.64517	N36.20667	1	4	4
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
80	3	36.20059778	57.74466412	9	25	206
89	3	36.20049794	57.74622044	9	25	207

۴-۷-۲ اولویت های تعمیر و نگهداری

پس از محاسبات و خروجی های شاخص های خرابی روسازی در سطح پروژه فعالیت های تعمیر و نگهداری در قالب اصول راهداری برای پیشگیری و بهسازی مسیر مورد مطالعه باید انجام شود. توسعه اطلاعات و داشته ها به کاربر اجازه می دهد نوع اولویت ها را بر طبق کاربری استفاده شده ، مقدار PCI بحرانی یا نوع روسازی که در مدل تعمیر و نگهداری استفاده می شود را مشخص کند. این فعالیت ها می تواند بصورت پیشگیرانه ، بهسازی و یا بازسازی مسیر مورد مطالعه باشند، که در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است:



شکل ۴-۱۳. نمودار ستونی وضعیت کلی شاخص خرابی، تعیین حدود و نوع فعالیت تعمیر و نگهداری آن

۴-۸ طیف سنجی نمونه های آسفالت

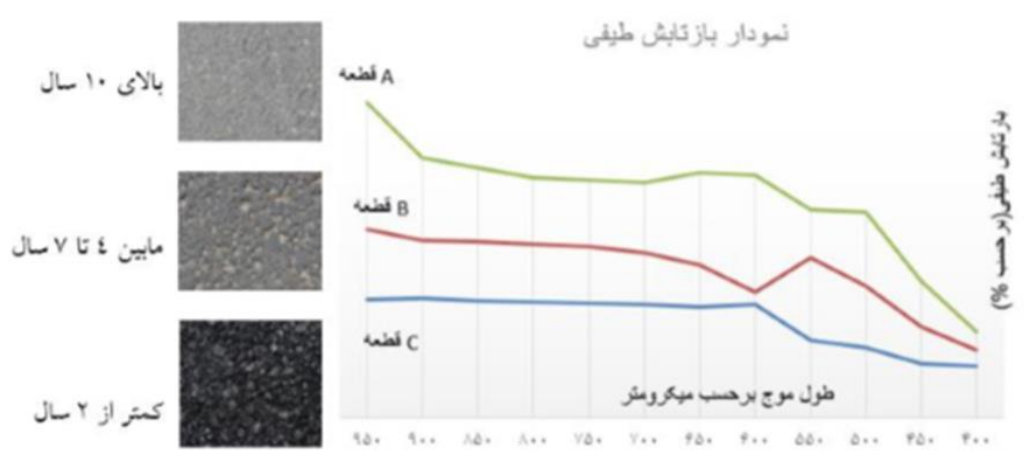
روش تعیین میزان طیف سنجی روکش های آسفالتی در قسمت ۳ فصل دوم توضیح داده شد، البته بهتر است ابتدا کل مسیر روسازی را بر اساس عمر آخرین روکش به سه دسته مختلف تقسیم شود :

۱- روسازی با عمر بیشتر از 10 سال (عمر زیاد)

۲- روسازی با عمر روکش بین ۴ تا ۷ سال (عمر متوسط)

۳- روسازی با عمر روکش کمتر از دو سال (عمر کم)

سپس یک نمونه از هر کدام داخل دستگاه Shimadzu1800 گذاشته شده و خروجی دستگاه طیف سنج برای سه دسته روسازی با عمر های متفاوت بصورت گراف زیر می باشد



شکل ۴۰-۱۴. نمودار طیف پاسخ برای سه نوع آسفالت مورد بررسی بر حسب سن روسازی

نتایج تصویربرداری فراطیفی برای سه نوع آسفالت دارای سن مختلف نشان میدهد که مناسبترین طیف پاسخ برای این نوع روسازی ها بین طول موج های ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ نانومتر می باشد، که به همین دلیل در ماهواره سنتیل ۲ باندهای B2، B3، B4، B8 بهترین باندها برای پردازش تصاویر بازگشتی از روسازی آسفالتی می باشند زیرا هم توان تفکیکی آنها ۱۰ متر بوده است و نیز محدوده طول موج ۴۰۰ تا ۹۰۰

نانومتر را پوشش خواهند داد . همچنین از نمودار بالا می توان نتیجه گرفت بازتاب آسفالت با سن بیشتر بالا تر است یا بعبارتی :

بازتاب سطح روسازی با عمر زیاد > بازتاب سطح روسازی با عمر متوسط > بازتاب سطح روسازی با عمر متوسط

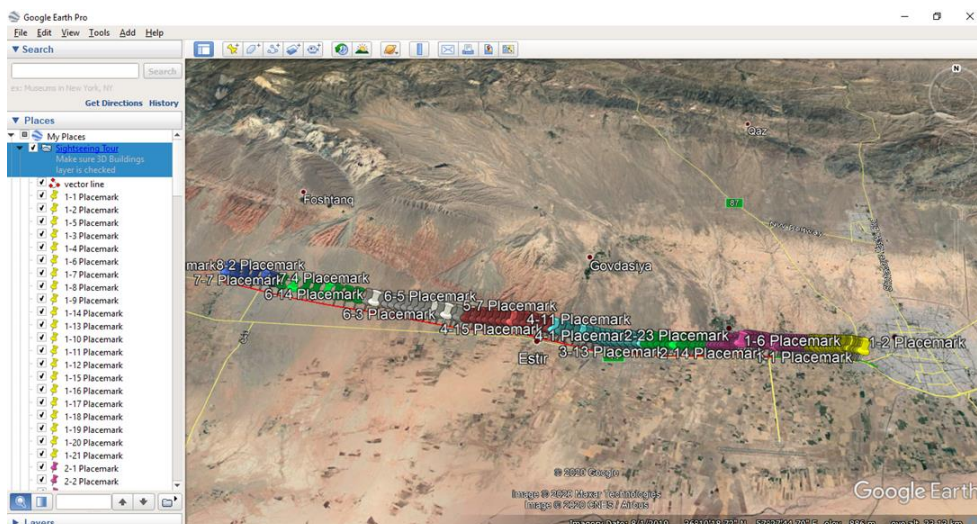
که همراه رابطه بالا برقرار بوده چرا که قیر استفاده شده در ترکیب آسفالت پس از گذشت مدتی کیفیت خود را از دست داده، روشنتر شده و در نتیجه بازتاب سطحی آن بیشتر میشود. تمامی این موارد در شکل ۴-۱۴ نشان داده است.

۹-۴ تشکیل خط مسیر و پیش پردازش تصاویر ماهواره سنتینل-۲ و تطابق آنها با داده های میدانی:

۹-۴-۱ نحوه تشکیل خط مسیر مورد مطالعه در نرم افزار Google

Earth

در بررسی میدانی در فرمهای مورد نظر برای هر نمونه توسط دستگاه موقعیت یاب ماهواره ای GARMIN- ETRAX طول و عرض جغرافیایی ثبت شد و وارد جدول نتایج شدند در این مرحله برای تشکیل خط مسیر مورد نظر اطلاعات ثبت شده دستگاه موقعیت یاب در نرم افزار Google earth وارد شده و خط مسیر مورد مطالعه تشکیل می شود.(شکل ۴-۱۵)



شکل ۴-۱۵. نحوه تشکیل خط مسیر مورد نظر در نرم افزار Google earth

همانگونه که در شکل نیز مشاهده می شود تمامی نقاط نمونه ها با مشخصه های رنگی برای تمایز نمونه های آن قطعه نشان داده شده اند.

۴-۹-۲ پیش پردازش تصاویر ماهواره ای sentinel-2 :

در بخش ۶ این فصل چگونگی دریافت تصاویر ماهواره سنتینل-۲ توضیح داده شد و جدول مشخصات ۴ مورد عکس مورد نظر دانلود شده نیز نشان داده شد. نرم افزارهای ENVI، ARCGIS و SNAP نرم افزارهای مناسب پردازش داده های سنتینل هستند ولی در این پژوهش برای پردازش و تجزیه تحلیل عکس های دانلود شده از نرم افزار طراحی شده توسط شرکت سازنده این ماهواره یعنی اسنپ SNAP v.8 استفاده شده است.

جهت پردازش تصویر مورد نظر ابتدا عکس دانلود شده را فراخوانی کرده و سپس بایستی در نوار ابزار Bands باندهای B2, B3, B4, B8 اجرا شوند. شکل ۴-۱۶ تصویر عکس هوایی قبل از پردازش را نشان می دهد. جهت کاهش حجم محاسبات و افزایش سرعت عملگرها بهتر است که قسمت مورد نظر عکس از منوی Subset و گزینه Raster استفاده شود. در شکل زیر عکس مسیر مورد نظر قبل از اجرای تصحیحات اتمسفری نشان داده شده است:



شکل ۴-۱۶. تصویر منطقه مورد نظر قبل از پردازش تصاویر

۴-۱۰ مشکلات و عواملی که باعث بروز خطا می شوند

در تهیه عکسهای ماهواره ای و تجزیه و تحلیل آنها در این پروژه عواملی و مشکلاتی وجود دارد که باعث بوجد آمدن خطا می شود که مهمترین آنها در ذیل آمده اند.

- به علت اینکه میانگین عرض جاده ۱۰ متر می باشند و کیفیت و پهنای باند نیز ۱۰ متر است بنابراین ممکن است در بعضی نقاط مسیر قسمتی از باند تصویر مورد مطالعه خارج از سطح راه قرار بگیرد که این باعث بوجود آمدن خطا در خروجی های نهایی نرم افزار پردازش تصویر خواهد شد که البته در این نرم افزار پردازش شده برای این پروژه گاها این اعداد حذف شده اند.
- به علت اینکه برداشت های میدانی و همچنین پردازش های تصاویر در هنگام عبور بار ترافیکی انجام شده است، وجود سایه ها و عبور بار ترافیکی نیز ممکن است باعث بروز خطا شوند.
- در مناطق بارانی، رطوبت بالا در سطح جاده نتایج تحلیل طیف سنجی را تغییر خواهند داد. روند تشخیص جاده از تصاویر سنجش از راه دور به علت حضور نویزهای مختلف بسیار پیچیده است . این صداها می توانند وسایل نقلیه، خطوط عبور و پل های تلفنی باشند. همچنین آلودگی و رطوبت هوا نیز تاثیر منفی دارد.

- نوع اقلیم و مصالح بکاربرده شده در روسازی نیز از نکاتی است که باید مورد توجه قرار گرفته شود. به عنوان مثال در اقلیم گرم قیر در سطح روسازی بیشتر بوده و طیف بازتاب را تحت تاثیر قرار خواهد داد.

حذف خطاهای تصاویر

حذف خطاهای مکانی : بعثت اینکه داده های این ماهواره ای بصورت زمین مرجع شده عرضه شده اند و از لحاظ هندسی قابل اطمینان هستند و این نوع خطاها کمتر در آنها دیده می شود. همچنین در ابتدا توضیح داده شد که خط مسیر با کمک ماهواره Google earth تهیه شده است و در اینجا فراخوانی شده است پس این مورد عامل مهم دیگری در کاهش اسن نوع خطاها می باشد.

حذف خطاهای طیفی و رادیومتریکی: همانگونه که در فصل دوم عنوان شد اینگونه تصحیحات باعث بازتاب های بهتر و نزدیک تر شدن به واقعیت می شود و اگر انجام نشوند باعث افزایش داده های پرت در طیف سنجی ماهواره می شوند. سپس برای حذف خطاهای مکانی جهت حذف خطاهای ناشی از جذب و پخش اتمسفر ، سایه ها و ابر ها از دستورات سربرگ Optical از جمله Sen2cor و Masking استفاده شده است ، که این خود باعث افزایش بارزسازی پیکسل ها خواهند شد. البته ماهیت اولیه این نوع تصویر مورد نظر به صورت S2B_MSIL2A بوده است ، که در نوع تصاویر L2A بصورت پیش فرض توسط شرکت طراح که همان سازمان فضایی اروپا می باشد اغلب این تصحیحات بر روی تصاویر مورد نظر انجام داده گردیده است. (گنجی ، قره چلو ، احمدی ۲۰۲۱) ضمناً بعد از اجرای الگوریتم تغییر مقیاس اندازه پیکسل ها به اعدادی بین ۰ و ۱ تغییر پیدا کرده و اعداد خارج از این بازه به عنوان بد پیکسل شناخته شده و برابر صفر در نظر گرفته می شود و از چرخه محاسبات خارج شده اند. پس به کمک نرم افزار حذف حاشیه های تصویر که ارزش پیکسلی صفر دارند انجام شد.

کاهش تاثیرات مناطق غیر جاده ای : به منظور کاهش تاثیرات ناحیه های غیر جاده ای بر نتایج، مناطق جاده ها را با استفاده از چند ضلعی Vector با استفاده از ابزار GIS مشخص می شوند. این چند ضلعی ها از طریق تفسیر بصری تصاویر با وضوح بالا در ماهواره ها sentinel ، هر کدام از آنها بخش هایی از جاده را در ناحیه مطالعه پوشش می دهند.

پیاده نمودن خط مسیر در SNAP و دریافت خروجی باند ها برای نقاط مسیر مورد مطالعه

تمامی مختصات خط مسیر تهیه شده در نرم افزار google earth به صورت نقاط مشخص وارد عکس مورد نظر شده و تمامی نقاط را با همان مشخصات موجود داخل نرم افزار اسنپ پیاده سازی می شوند.



شکل ۴-۱۷. مشخص نمودن خط مسیر در نرم افزار

همانطور که مشاهده می شود نقاط مورد نظر در این نرم افزار با گزینه های قابل مشاهده هستند. پس از پیاده نمودن مختصات نمونه ها در اسنپ ، خط مسیر تشکیل می شود. سپس با استفاده از امکانات نرم افزار فقط ۴ باند مورد مطالعه اختصاصی شده اند و در نهایت خروجی چهار باند طبق مختصات های جغرافیایی ثبت شده توسط نرم افزار گرفته می شود و اعداد بدست آمده برای طول موج های هر نقطه وارد جدول نتایج می شوند . و برای هر نمونه چهار عدد بازتاب طیفی و یک عدد PCI و AGE در

جدول موجود می باشد. قسمتی از جدول در زیر نشان داده شده است و کل جدول در پیوست ۱ آمده است.

جدول ۴-۹. جدول نهایی نتایج

eage(year)	PCI	B8:842nm	B4:665nm	B3:560nm	B2:490.0nm	Label	Number
12	48	0.142	0.1311	0.1225	0.1366	Pin 1	1
12	44	0.1254	0.1211	0.1174	0.1286	Pin 2	2
12	60	0.1229	0.1172	0.1173	0.1285	Pin 3	3
12	46	0.1298	0.1207	0.1192	0.1283	Pin 4	4
12	50	0.1431	0.1235	0.1173	0.1312	Pin 5	5
12	53	0.1453	0.1283	0.12	0.1293	Pin 6	6
12	49	0.1446	0.1385	0.1287	0.137	Pin 7	7
12	48	0.1491	0.1337	0.1324	0.1377	Pin 8	8

۴-۱۱ تحلیل و بررسی نتایج

برای تحلیل و بررسی بایستی به سراغ خروجی باند ها، PCIs و AGE رفت و از داده های جدول نهایی داده ها استفاده می شود. برای تحلیل از نرم افزار SPSS.v16 استفاده شده است. بهتر است که تمامی ستون ها با هم مقایسه شوند.

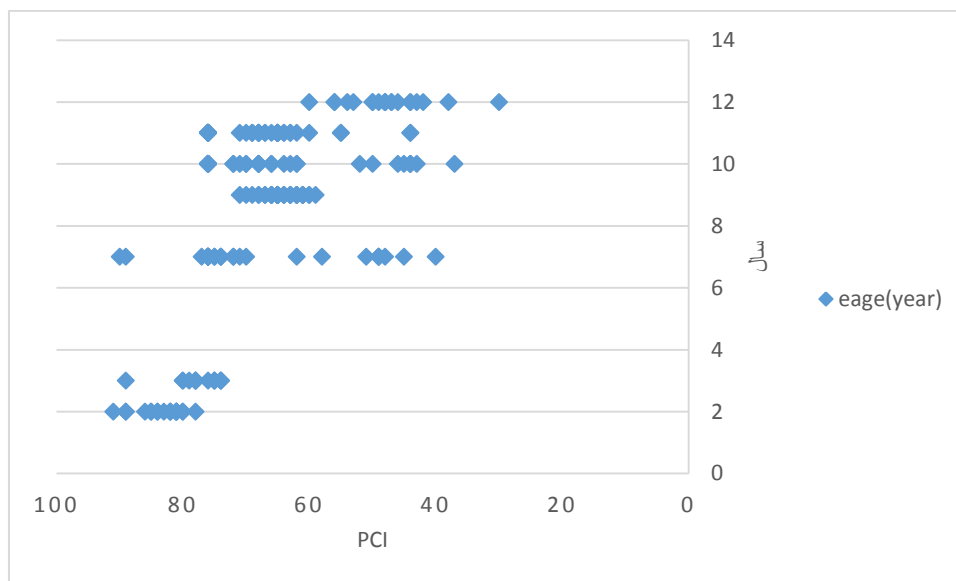
تحلیل اول : ارتباط سنجی بین AGE و PCI

برای بررسی میزان ارتباط بین سن روسازی و مقادیر PCI ها از ماتریس همبستگی زیر استفاده شده است

جدول ۴-۱۰. ضریب همبستگی شاخص های خرابی روسازی آسفالتی با سن روسازی

متغیر	تعداد	ضریب همبستگی	سطح معناداری
خرابی روسازی با سن روسازی	۲۰۷	-۰/۶۱۲	۰/۰۰۱

نتایج جدول نشان می دهد که بین شاخص های خرابی روسازی آسفالتی با شاخص سن روسازی رابطه منفی و معناداری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. این نتیجه نشان می دهد که هر چه سن روسازی بیشتر باشد شاخص کیفیت کاهش پیدا می کند.



شکل ۴-۱۸ نمودار پراکندگی PCI به AGE

از پراکندگی داده های نمودار بالا هم می توان نتیجه گرفت که کیفیت روسازی نسبت عکس با سن روسازی دارد به معنای دیگر هر چه روسازی دارای عمر بیشتری باشد کیفیت آن پایین تر می آید. البته همانگونه که مشهود است در نمونه هایی نیز با سن روسازی کمتر، PCI کمتری محاسبه شده است که این موارد نقص بعلت وجود بار ترافیکی بالا، ترمز های ناوگان سنگین و شاید کیفیت پایین روکش باشد که با عبور ترافیک کار شده است. به عنوان نمونه در مکان پلیس راه سبزوار با اینکه روکش عمر کمتری دارد ولی باز هم کیفیت روسازی پایین می باشد.



شکل ۴-۱۹. کیفیت پایین روسازی در محل پلیس راه با وجود سن کم روکش

تحلیل دوم : ارتباط سنجی بین PCI و B2, B3, B4, B8

برای بررسی ارتباط بین نتایج طیف سنجی تصاویر ماهواره ای مسیر مورد نظر با خصوصیات و شاخص های خرابی روسازی مسیر PCI ها از روش ماتریس همبستگی در جدول زیر استفاده شده است

جدول ۴-۱۱. ماتریس همبستگی شاخص های طیف سنجی ماهواره ای با pci

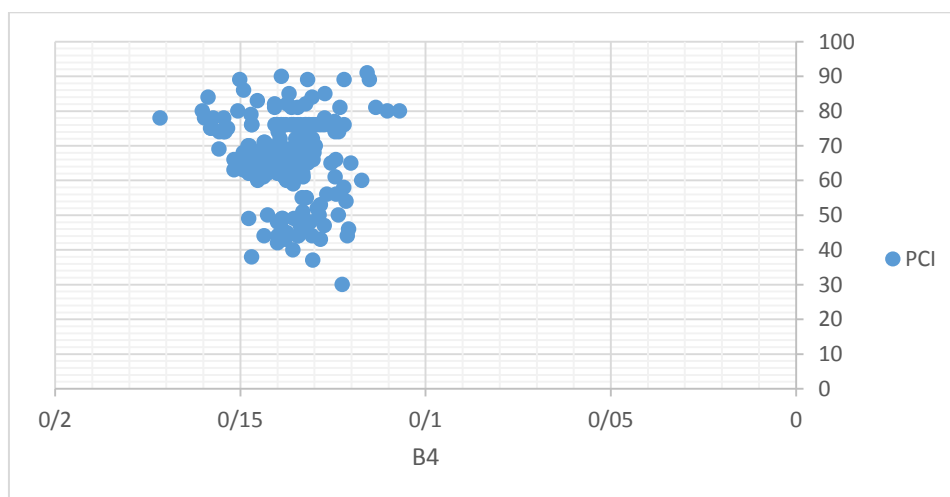
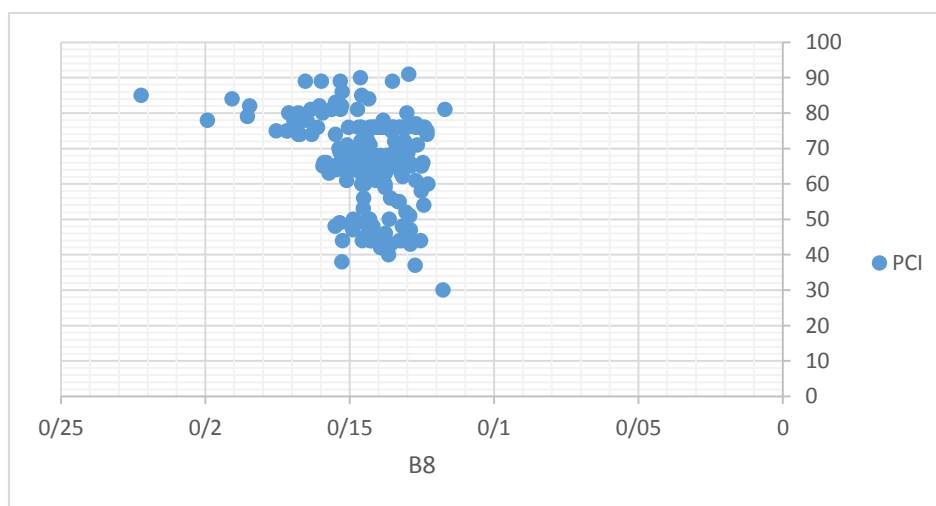
متغیر	۱	۲	۳	۴	۵
PCI.۱	۱				
B2.۲	۰/۰۱۲	۱			
B3.۳	۰/۰۹۴	**۰/۸۳۸	۱		
B4.۴	۰/۰۷۹	**۰/۷۰۳	**۰/۸۷۶	۱	
B8.۵	**۰/۲۹۳	**۰/۳۹۱	**۰/۵۹۸	**۰/۶۰۶	۱

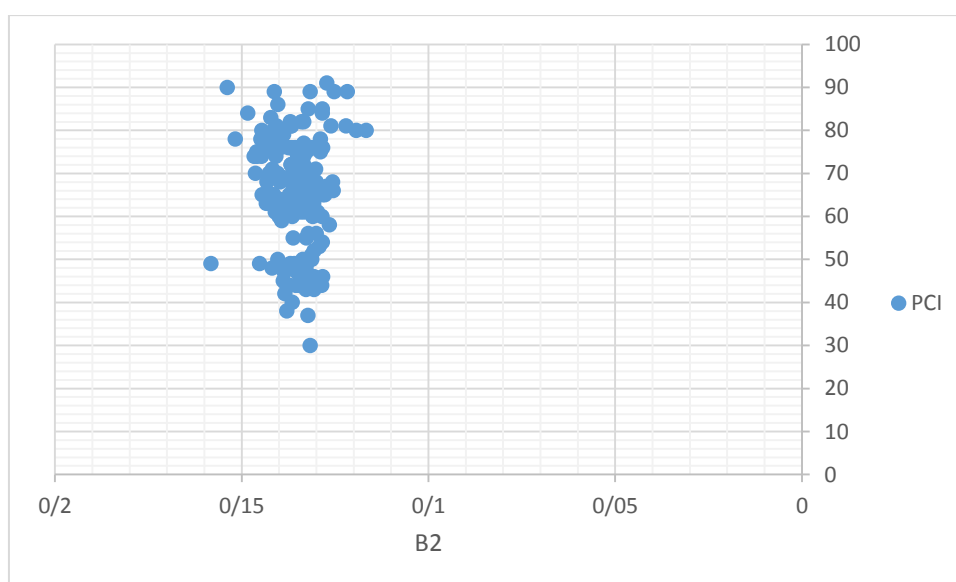
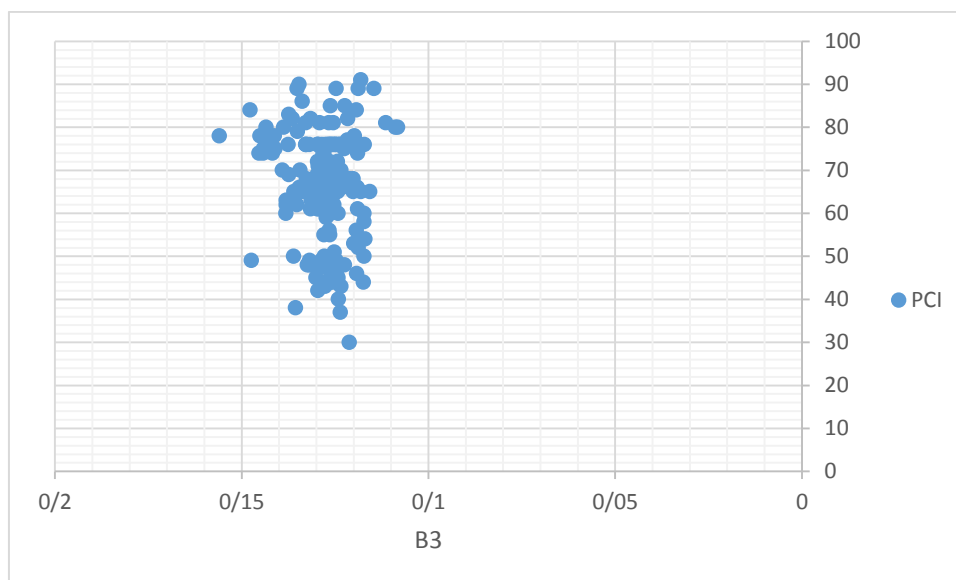
*p=0.05 **p=0.01

نتایج ماتریس همبستگی نشان می دهد که بین طول موج B8 از طیف سنج های ماهواره ای با شاخص های خرابی روسازی آسفالتی یا کیفیت رابطه مستقیم و معناداری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. این نتیجه نشان می دهد که با بالارفتن طول موج B8 میزان شاخص PCI و یا کیفیت نیز بالا می رود. همچنین

ماتریس نشان می دهد که بین طول موج ها ی مختلف با هم رابطه معناداری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد.

در زیر نمودارهای پراکندگی باند ها نسبت به PCI نشان داده شده است.





شکل ۴-۲۰. پراکندگی باند ها در مقایسه با PCI

تحلیل سوم : ارتباط سنجی بین AGE و B2,B3,B4,B8

برای بررسی ارتباط بین نتایج طیف سنجی تصاویر ماهواره ای مسیر مورد نظر با شاخص سن و پیر

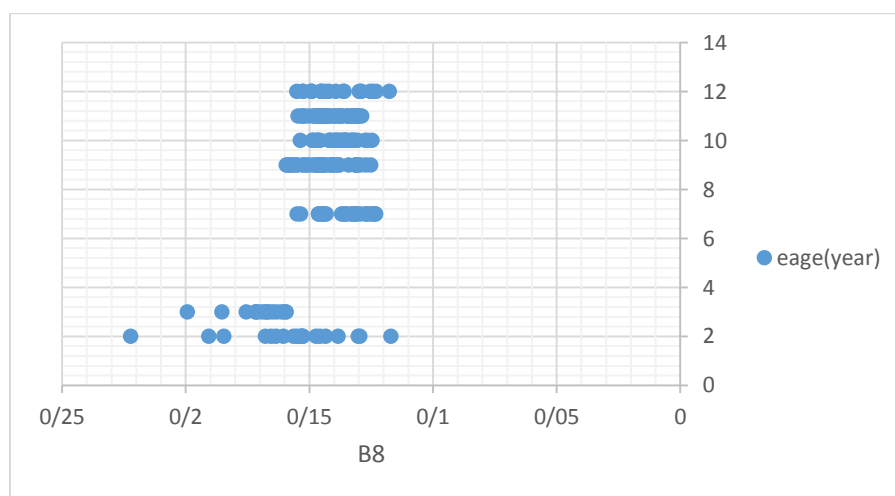
شدگی روسازی آسفالتی از روش ماتریس همبستگی در جدول زیر استفاده شده است

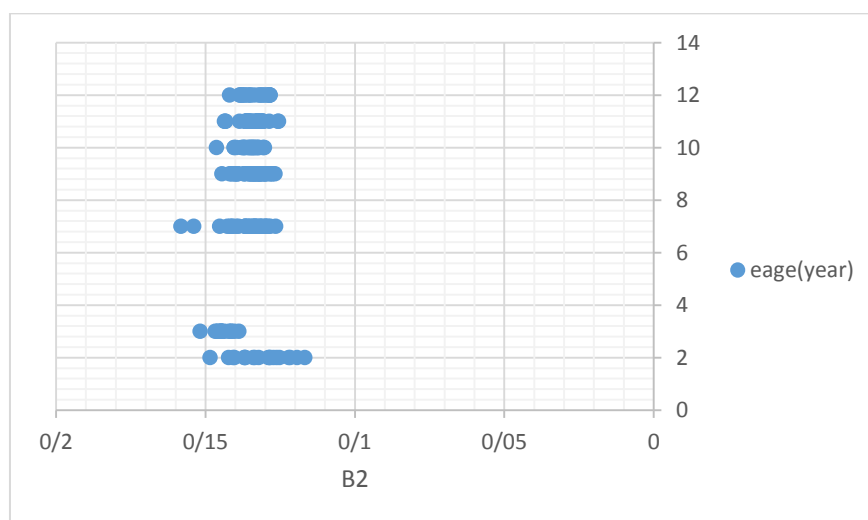
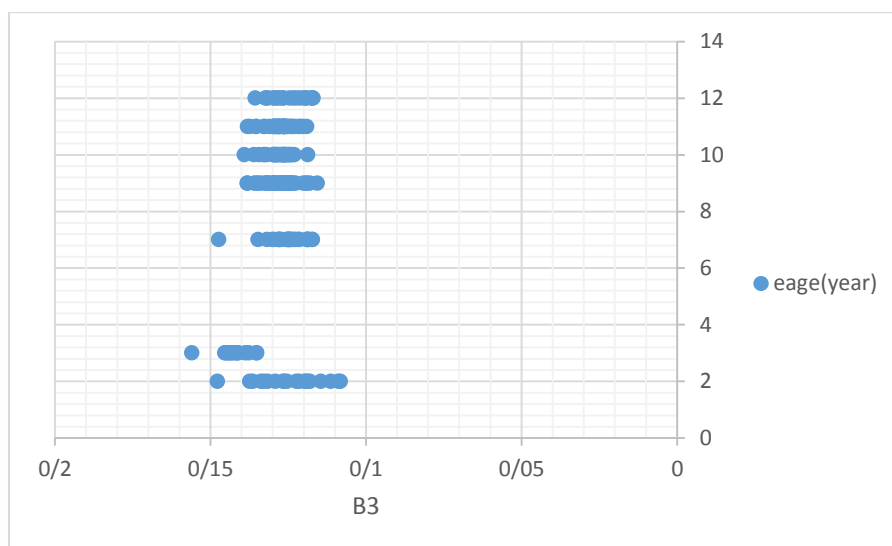
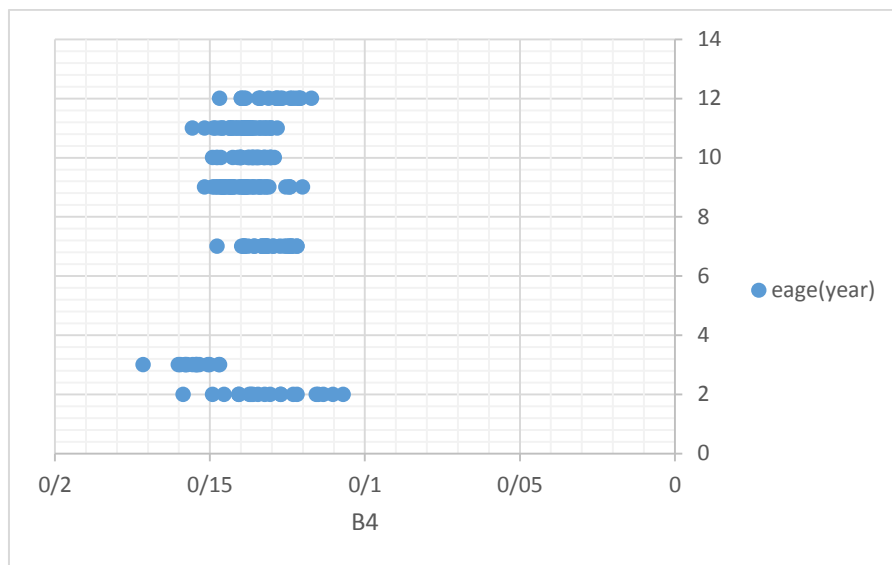
جدول ۴-۱۲. ماتریس همبستگی شاخص های طیف سنجی ماهواره ای با سن روسازی

متغیر	۱	۲	۳	۴	۵
۱. سن	۱				
B2.۲	-۰/۱۴۸*	۱			
B3.۳	-۰/۱۹۷**	۰/۸۳۸**	۱		
B4.۴	-۰/۰۹۹	۰/۷۰۳**	۰/۸۷۶***	۱	
B8.۵	-۰/۴۸۲**	۰/۳۹۱**	۰/۵۹۸**	۰/۶۰۶**	۱

*p=0.05 **p=0.01

نتایج ماتریس همبستگی در تحلیل عددی نمایانگر این موضوع است که بین طول موج B2، B3 و B8 از طیف سنج های ماهواره ای با شاخص سن روسازی رابطه منفی و معناداری در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. این نتیجه نشان می دهد که با بالارفتن طول موج B2، B3 و B8 میزان شاخص سن روسازی کاهش می یابد. همچنین ماتریس نشان می دهد که بین طول موج ها ی مختلف با هم رابطه معناداری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد. همچنین در زیر پراکندگی باند ها نسبت به AGE نشان داده شده است





شکل ۴-۲۱. پراکندگی باند ها در مقایسه با AGE

تحلیل چهارم : در مورد اینکه آیا طیف سنجی ماهواره ای سنتینل ۲ می تواند شاخص های خرابی روسازی آسفالتی را پیش بینی کند؟ جدول رگرسیون شاخص خرابی مانند زیر تشکیل شده است

جدول ۴-۱۳. خلاصه نتایج رگرسیون شاخص های خرابی روسازی آسفالتی

مدل	R	R ²	F	DF1	DF2	SIG
همزمان	۰/۳۲۳	۰/۱۰۴	۵/۸۷۱	۴	۲۰۲	۰/۰۰۱

جدول بالا خلاصه نتایج مقدار واریانس تبیین شده و معناداری مدل شاخص های خرابی روسازی آسفالتی را نشان می دهد. نسبت F و سطح معناداری آن بیانگر اثر معنادار طیف سنج های ماهواره ای در معادله رگرسیون است. ($p \leq 0.05$). همانطور که ملاحظه می شود در پیش بینی شاخص های روسازی R2 محاسبه شده ۰/۱۰۴ است. یعنی متغیر طیف سنج ماهواره ای ۰/۱۰۴ درصد از واریانس شاخص خرابی روسازی آسفالت را تبیین می کند.

جدول ۴-۱۴ نتایج معناداری ضرایب مستقیم پیش بینی کننده شاخص خرابی روسازی

متغیر	B	SE	BETA	T	SIG
ثابت	۵۶/۴۰۶	۱۹/۲۸۱		۲/۹۲۵	۰/۰۰۴
B2	-۲۱۹/۲۱۶	۲۶۴/۴۹۰	-۰/۱۰۵	-۰/۸۲۹	۰/۴۰۸
B3	۱۶۹/۶۸۲	۳۲۰/۴۴۹	۰/۱۰۰	۰/۵۳۰	۰/۵۹۷
B4	-۱۹۵/۳۶۵	۱۷۳/۷۲۱	-۰/۱۵۹	-۱/۱۲۵	۰/۲۶۲
B8	۳۱۱/۳۴۶	۷۳/۳۹۲	۰/۳۷۱	۱/۲۴۲	۰/۰۰۱

نتایج جدول نشان می دهد که طول موج B8 پیش بینی کننده معنادار شاخص خرابی روسازی آسفالت است. با توجه به علامت مثبت بتا می توان گفت که یک واحد افزایش در طول موج B8 باعث ۰/۳۷۱ واحد افزایش در انحراف معیار متغیر خرابی روسازی آسفالت می شود.

تحلیل پنجم: در مورد اینکه آیا طیف سنجی ماهواره ای می تواند شاخص سن روسازی را پیش بینی کند؟ از نتایج مقدار واریانس استفاده شده است.

جدول ۴-۱۵. خلاصه نتایج رگرسیون شاخص سن روسازی آسفالت

مدل	R	R ²	F	DF1	DF2	SIG
همزمان	۰/۵۶۲	۰/۳۱۵	۲۳/۲۶۹	۴	۲۰۲	۰/۰۰۱

جدول بالا خلاصه نتایج مقدار واریانس تبیین شده و معناداری مدل شاخص سن روسازی را نشان می دهد. نسبت F و سطح معناداری آن بیانگر اثر معنادار طیف سنج های ماهواره ای در معادله رگرسیون است. ($p \leq 0.05$). همانطور که ملاحظه می شود در پیش بینی شاخص سن روسازی R2 محاسبه شده ۰/۳۱۵ است. یعنی متغیر طیف سنج ماهواره ای ۰/۳۰۵ درصد از واریانس سن روسازی آسفالت را تبیین می کند.

جدول ۴-۱۶. نتایج معناداری ضرایب مستقیم پیش بینی کننده شاخص سن روسازی

متغیر	B	SE	BETA	T	SIG
ثابت	۲۴/۴۲۴	۴/۳۶۱		۵/۶۰۱	۰/۰۰۱
B2	-۶۹/۹۱۷	۵۹/۸۱۸	-۰/۱۲۹	-۱/۱۶۹	۰/۲۴۴
B3	-۷۱/۵۰۷	۷۲/۴۷۳	-۰/۱۶۳	-۰/۹۸۷	۰/۳۲۵
B4	۱۶۸/۸۷۷	۳۹/۲۸۹	-۰/۵۳۳	۴/۲۹۸	۰/۰۰۱

نتایج جدول نشان می دهد که طول موج B4 و B8 پیش بینی کننده معنادار شاخص سن روسازی آسفالت است. با توجه به علامت منفی بتا می توان گفت که یک واحد افزایش در طول موج B4 باعث ۰/۵۳۳ واحد کاهش در انحراف معیار متغیر سن روسازی آسفالت می شود. همچنین یک واحد افزایش در طول موج B8 باعث ۰/۶۵۷ واحد کاهش در انحراف معیار متغیر سن روسازی آسفالت می شود.

فصل ۵. بحث بر روی نتایج و ارائه شهادت برای مطالعات آتی

۵-۱ مقدمه

تحلیل و مدیریت روسازی با کمک پردازش تصاویر ماهواره ای در کشور ما علمی است نوپا و نیازمند سرمایه گذاری در سطح کلان و نیز حمایت های دولتی دانشگاهی دارد . با توجه به دقت مورد نیاز و برداشت حجم بالای شبکه راهها، در زمان کوتاه سیستمهای مکانیزه با استقبال باید برای شناخت راهها مورد استفاده قرار گیرند . در کنار همه این موارد انتخاب ماهواره مورد نظر و توان تفکیکی اطلاعات مسیر ها نیز بسیار با اهمیت بوده و باید به آنها توجه ویژه ای داشت. در این فصل به بحث روی تحلیل داده های و پیشنهاد برای اصلاح آن پرداخته شده است.

۵-۲ بحث و تفسیر نتایج

بحث روی تحلیل شماره ۱: ارتباط مفید و ومعکوس بین AGE و PCI مبین این نکته می باشد که تحلیل های میدانی و محاسبات شاخص های خرابی به درستی صورت گرفته است و بسط آنها نیز در تحلیل باندها به عنوان متغیر های وابسته درست انتخاب شده است.

بحث روی تحلیل شماره ۲ و ۴

همانطور که از تحلیل شماره ۲ و ۴ می توان نتیجه گرفت. پیش بینی شاخص خرابی PCI با کمک خروجی بعضی از باندها امکان پذیر می باشد . این نتیجه گیری بسیار امید بخش بوده و می توان آنرا به باند های دیگر و یا بقیه شاخصه های خرابی مانند PSI ویا انواع خرابی های روسازی بسط داد. ایراد اصلی این رابطه پایین بودن ضریب همگرایی می باشد . این نیز به علت توان تفکیکی متوسط ۱۰ متری باندهای ماهواره سنتیل ۲ در مقایسه با ابعاد خرابی های روسازی می باشد.

بحث روی تحلیل های شماره ۳ و ۵

این دو تحلیل عددی نمایانگر این مطلب بوده که پیش بینی پیری روسازی توسط طیف سنجی

ماهواره ای امکان پذیر است. در این تحلیل ضرایب همگرایی بالاتر بوده و میتوان عنوان نمود که اعداد طول موج های بالا سن کمتر روسازی نشان می دهند.

بحث و بررسی تحلیل های میدانی

در بررسی خرابی های روسازی عبور بار ترافیکی نقش بسزایی دارد همچنین استفاده از معیارهای موجود انتخاب نمونه های تصادفی نقش بسزایی در تعیین نتایج دارد. زیرا این نتایج در تعیین شاخص های خرابی و نتایج نهایی تحلیل تاثیر دارند.

عوامل موثر بر نتایج طیف سنجی

نوع اقلیم و مصالح بکاربرده شده در روسازی نیز از نکاتی است که باید مورد توجه قرار گرفته شود. به عنوان مثال در اقلیم گرم قیر در سطح روسازی بیشتر بوده و طیف بازتاب را تحت تاثیر قرار خواهد داد. همچنین در مناطق بارانی، رطوبت بالا در سطح جاده نتایج تحلیل طیف سنجی را تغییر خواهند داد. روند تشخیص جاده از تصاویر سنجش از راه دور به علت حضور نویزهای مختلف بسیار پیچیده است. این صداها می توانند وسایل نقلیه، خطوط عبور و پل های تلفنی باشند. همچنین آلودگی و رطوبت هوا نیز تاثیر منفی دارد.

نقش انتخاب ماهواره و سنجنده در تاثیر نتایج طیف سنجی

یکی از مهمترین نکاتی که باید توسط محققین در اینگونه پردازش تصاویر ها باید در نظر گرفته شود انتخاب ماهواره و قدرت تفکیک آن است. همانطور که در فصل ۲ قسمت ۶ توضیح داده شد اکثر خرابی های آسفالت با واحد میلیمتر اندازه گیری می شوند و تغییر چند میلیمتری خرابی نقشی مهمی در نتایج PCI ها دارند، ولی توان تفکیکی ماهواره سنتیل ۲ حداکثر ۱۰ متر بوده و به علت اینکه تمامی خرابی ها در یک پیکسل گنجانده می شود این توان کیفی نمی تواند خرابی ها در حد میلی متر یا سانتی متر را

پیش بینی کند. بنابراین انتخاب قدرت تفکیکی بالا و در حد میلیمتر و سانتی متر می تواند نتایج را دگرگون سازد. البته به علت بعضی تحریم ها و عدم در دسترس بودن این عکس های ماهواری با کیفیت بسیار بالا محقق در این نوع تحقیق از عکسهای ماهواره سنتیل ۲ استفاده کرده است. به نظر می رسد این رابطه باید برای انتخاب ماهواره رعایت شود:

توان کیفی فضایی ماهواره $\leq$ مقیاس حداقل خرابی مورد بررسی

۳-۵ پیشنهاد برای مطالعات آتی

در راستای تجربیات به دست آمده این محقق در تمام مراحل اولیه ، تحقیقات میدانی ، آزمایشگاهی و همچنین مراحل پردازش تصویر این پیشنهادات ارائه شده اند.

- شناخت کافی از سابقه و نحوه ساخت مسیر روسازی مورد مطالعه برای این بخش سن دقیق روسازی بسیار با اهمیت می باشد.
- نقش عوامل مانند عبور بار ترافیکی و چرخه آب و هوایی مورد توجه قرار گیرد.
- انتخاب صحیح ماهواره با بررسی تمام جوانب از قبیل توان تفکیک باند ها ، نحوه تصویر برداری از منطقه مورد مطالعه و همچنین نحوه دسترسی به آنها همچنین دانستن سابقه آرشیو عکسها و تطابق آن با سن روسازی بسیار با اهمیت می باشد.
- استفاده بیشتر از ماهواره های راداری و مقایسه نتایج طیف سنجی آنها با ماهواره های اپتیک

پوست 1

جدول نتایج کلی

eage	PCI	B8	B4	B3	B2	Label	Lat	Lon	Name
12	48	0.1378	0.114	0.1134	0.0976	GCP 1	36.20612	57.64838	gcp_1
12	44	0.1388	0.1252	0.1064	0.105	GCP 2	36.20612	57.64749	gcp_2
12	60	0.1456	0.1296	0.114	0.1076	GCP 3	36.2064	57.64627	gcp_3
12	46	0.1554	0.1388	0.1156	0.1024	GCP 4	36.20649	57.64538	gcp_4
12	50	0.1388	0.1202	0.1088	0.092	GCP 5	36.20677	57.64449	gcp_5
12	53	0.1724	0.1442	0.1328	0.114	GCP 6	36.20686	57.64349	gcp_6
12	49	0.1448	0.1144	0.104	0.0901	GCP 7	36.20705	57.64272	gcp_7
12	48	0.1616	0.1132	0.104	0.0918	GCP 8	36.20705	57.64194	gcp_8
12	44	0.1642	0.1186	0.111	0.0922	GCP 9	36.20706	57.64105	gcp_9
12	47	0.1654	0.1264	0.1178	0.1026	GCP 10	36.20715	57.64027	gcp_10
12	48	0.1586	0.1266	0.121	0.0994	GCP 11	36.20716	57.63938	gcp_11
12	47	0.165	0.1334	0.1216	0.1042	GCP 12	36.20716	57.63849	gcp_12
12	56	0.1756	0.144	0.1316	0.1132	GCP 13	36.20717	57.63782	gcp_13
12	56	0.1738	0.1498	0.132	0.1174	GCP 14	36.20717	57.63704	gcp_14
12	48	0.1802	0.1388	0.121	0.1013	GCP 15	36.20726	57.63615	gcp_15
12	54	0.1814	0.1512	0.1328	0.113	GCP 16	36.20727	57.63526	gcp_16
12	30	0.1714	0.1534	0.132	0.114	GCP 17	36.20727	57.63471	gcp_17
12	50	0.1732	0.1504	0.1404	0.1228	GCP 18	36.20728	57.63382	gcp_18
12	43	0.1522	0.1312	0.113	0.1028	GCP 19	36.20728	57.63293	gcp_19
12	38	0.1644	0.1404	0.1218	0.1064	GCP 20	36.20729	57.63215	gcp_20
12	42	0.1784	0.14	0.1244	0.106	GCP 21	36.20739	57.62859	gcp_21
7	62	0.1582	0.1264	0.1154	0.0924	GCP 22	36.20749	57.62748	gcp_22
7	89	0.117	0.0919	0.0845	0.0753	GCP 23	36.20759	57.62559	gcp_23
7	72	0.1622	0.1426	0.1288	0.1114	GCP 24	36.20751	57.62392	gcp_24
7	72	0.15	0.1284	0.117	0.1003	GCP 25	36.20761	57.62236	gcp_25
7	76	0.1608	0.143	0.129	0.1072	GCP 26	36.20762	57.62058	gcp_26
7	70	0.1562	0.13	0.1176	0.1023	GCP 27	36.20771	57.61947	gcp_27
7	90	0.1614	0.1402	0.1244	0.1104	GCP 28	36.20772	57.61814	gcp_28
7	74	0.1732	0.1606	0.1484	0.1228	GCP 29	36.20773	57.6168	gcp_29
7	49	0.1548	0.1356	0.1204	0.106	GCP 30	36.20782	57.61569	gcp_30
7	49	0.1556	0.1396	0.125	0.112	GCP 31	36.20783	57.6148	gcp_31
7	71	0.177	0.1476	0.1346	0.12	GCP 32	36.20783	57.61391	gcp_32
7	51	0.1848	0.1688	0.1548	0.1318	GCP 33	36.20784	57.6128	gcp_33
7	76	0.1658	0.1464	0.1338	0.1106	GCP 34	36.20793	57.61169	gcp_34
7	76	0.1752	0.158	0.1444	0.1222	GCP 35	36.20794	57.6108	gcp_35
7	76	0.1764	0.1604	0.1448	0.124	GCP 36	36.20794	57.61013	gcp_36
7	76	0.1642	0.1534	0.125	0.1044	GCP 37	36.20795	57.60924	gcp_37
7	76	0.1644	0.1418	0.1212	0.0991	GCP 38	36.20813	57.60835	gcp_38
7	76	0.1538	0.1302	0.1116	0.1002	GCP 39	36.20831	57.60746	gcp_39
7	77	0.1538	0.1356	0.116	0.1078	GCP 40	36.2085	57.60613	gcp_40
7	75	0.155	0.152	0.1322	0.1082	GCP 41	36.20869	57.60524	gcp_41
7	74	0.1704	0.1546	0.1304	0.11	GCP 42	36.20878	57.60424	gcp_42
7	75	0.172	0.1456	0.1366	0.1136	GCP 43	36.20897	57.60324	gcp_43
7	76	0.1892	0.1622	0.1404	0.1204	GCP 44	36.20915	57.60202	gcp_44
7	74	0.1786	0.1648	0.1406	0.1232	GCP 45	36.20943	57.6008	gcp_45
7	76	0.1932	0.1716	0.1396	0.1164	GCP 46	36.20962	57.59957	gcp_46
7	58	0.1618	0.1418	0.1268	0.1015	GCP 47	36.2098	57.59857	gcp_47

7	48	0.1786	0.1486	0.127	0.1038	GCP 48	36.2099	57.59768	gcp_48
7	49	0.199	0.1664	0.1396	0.1072	GCP 49	36.21008	57.59668	gcp_49
7	45	0.1704	0.1434	0.1272	0.1054	GCP 50	36.21009	57.59568	gcp_50
7	40	0.169	0.1448	0.1256	0.1102	GCP 51	36.21	57.59457	gcp_51
10	44	0.17	0.146	0.1168	0.0998	GCP 52	36.20983	57.59357	gcp_52
10	44	0.173	0.133	0.1204	0.0995	GCP 53	36.20956	57.59245	gcp_53
10	46	0.1874	0.1538	0.125	0.0979	GCP 54	36.2093	57.59145	gcp_54
10	52	0.1818	0.1572	0.119	0.0946	GCP 55	36.20903	57.59022	gcp_55
10	62	0.181	0.14	0.1146	0.0887	GCP 56	36.20886	57.58922	gcp_56
10	37	0.1846	0.156	0.126	0.1054	GCP 57	36.20868	57.58822	gcp_57
10	43	0.1876	0.155	0.1282	0.106	GCP 58	36.2086	57.58722	gcp_58
10	44	0.1834	0.1428	0.1188	0.0963	GCP 59	36.2086	57.58599	gcp_59
10	45	0.194	0.172	0.1446	0.1228	GCP 60	36.20861	57.58466	gcp_60
10	50	0.2188	0.1918	0.1586	0.1288	GCP 61	36.20861	57.58355	gcp_61
10	70	0.177	0.15	0.1322	0.1072	GCP 62	36.20871	57.58255	gcp_62
10	68	0.2014	0.17	0.1368	0.111	GCP 63	36.20871	57.58132	gcp_63
10	72	0.1818	0.1574	0.1318	0.1092	GCP 64	36.20881	57.5801	gcp_64
10	62	0.1756	0.1508	0.1272	0.1034	GCP 65	36.20882	57.57921	gcp_65
10	66	0.2178	0.1802	0.1424	0.117	GCP 66	36.20873	57.57843	gcp_66
10	63	0.2024	0.1708	0.1436	0.1164	GCP 67	36.20873	57.57765	gcp_67
10	66	0.1798	0.145	0.1268	0.1024	GCP 68	36.20883	57.57676	gcp_68
10	64	0.1862	0.1484	0.1192	0.1016	GCP 69	36.20883	57.57554	gcp_69
10	76	0.1888	0.1692	0.1384	0.1158	GCP 70	36.20884	57.57431	gcp_70
10	68	0.1976	0.1486	0.1278	0.102	GCP 71	36.20884	57.57331	gcp_71
10	70	0.1898	0.1572	0.1266	0.1028	GCP 72	36.20885	57.5722	gcp_72
10	72	0.1584	0.141	0.123	0.1026	GCP 73	36.20885	57.5712	gcp_73
10	71	0.1642	0.1464	0.1204	0.1032	GCP 74	36.20886	57.56998	gcp_74
10	68	0.1664	0.1406	0.1256	0.1058	GCP 75	36.20886	57.56897	gcp_75
10	68	0.1688	0.1462	0.1256	0.1044	GCP 76	36.20887	57.56775	gcp_76
10	76	0.1592	0.1456	0.1244	0.1013	GCP 77	36.20888	57.5663	gcp_77
10	76	0.1692	0.1564	0.1404	0.117	GCP 78	36.20888	57.56475	gcp_78
10	76	0.188	0.1666	0.1464	0.1224	GCP 79	36.20889	57.56297	gcp_79
10	76	0.1804	0.1598	0.1456	0.1232	GCP 80	36.2089	57.56163	gcp_80
10	76	0.1894	0.1762	0.1626	0.144	GCP 81	36.2089	57.56041	gcp_81
10	76	0.1802	0.1648	0.15	0.1306	GCP 82	36.20891	57.55941	gcp_82
10	76	0.175	0.1498	0.132	0.1136	GCP 83	36.20892	57.55818	gcp_83
10	76	0.1786	0.182	0.1432	0.1194	GCP 84	36.20901	57.55729	gcp_84
11	65	0.1754	0.1564	0.1376	0.1196	GCP 85	36.20911	57.55585	gcp_85
11	55	0.201	0.1766	0.1434	0.1168	GCP 86	36.20911	57.55418	gcp_86
11	55	0.1682	0.1538	0.129	0.1028	GCP 87	36.2093	57.55218	gcp_87
11	76	0.1664	0.153	0.1418	0.118	GCP 88	36.2094	57.55096	gcp_88
11	76	0.1898	0.1804	0.1588	0.1378	GCP 89	36.2095	57.54951	gcp_89
11	76	0.181	0.1692	0.1268	0.107	GCP 90	36.2096	57.5474	gcp_90

11	76	0.1626	0.148	0.1266	0.0965	GCP 91	36.2097	57.5454	gcp_91
11	76	0.1466	0.1368	0.1226	0.1028	GCP 92	36.20979	57.54384	gcp_92
11	76	0.147	0.1352	0.1134	0.0914	GCP 93	36.20998	57.54128	gcp_93
11	76	0.1504	0.1318	0.1098	0.0988	GCP 94	36.21008	57.5395	gcp_94
11	76	0.1428	0.1324	0.1158	0.0993	GCP 95	36.21018	57.53772	gcp_95
11	76	0.151	0.1378	0.119	0.0987	GCP 96	36.21037	57.5355	gcp_96
11	76	0.1554	0.1438	0.125	0.104	GCP 97	36.21047	57.53372	gcp_97
11	76	0.1428	0.134	0.12	0.109	GCP 98	36.21057	57.53205	gcp_98
11	44	0.1416	0.1316	0.118	0.1066	GCP 99	36.21075	57.5305	gcp_99
11	44	0.1448	0.1336	0.119	0.0932	GCP 100	36.21094	57.52905	gcp_100
11	65	0.1494	0.1424	0.1228	0.1024	GCP 101	36.21122	57.52772	gcp_101
11	63	0.1466	0.1364	0.1212	0.0945	GCP 102	36.21158	57.52639	gcp_102
11	67	0.1498	0.1346	0.1168	0.1048	GCP 103	36.21195	57.52505	gcp_103
11	68	0.1366	0.1288	0.118	0.1082	GCP 104	36.21223	57.52372	gcp_104
11	65	0.1562	0.1456	0.1288	0.124	GCP 105	36.2125	57.52261	gcp_105

مراجع

- ۱- عزت آبادی پور، حمید، ۱۳۹۵، معرفی تصاویر ماهواره سنتینل ۲، سومین کنفرانس سراسری نوآوری های اخیر در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران،،
- ۲- تقی پور، رسولی ح، فامیلی ا، ۱۳۹۲ "بررسی توان تصاویر پهپادی دقیق در ارزیابی پدیده فرسودگی آسفالت (نمونه موردی: روستای الوار سفلی، حوالی شهر تبریز)."
- ۳- قلی پورا، معهود م، حجت پناه ش، محسنی م ۱۳۹۳ "ارزیابی استفاده از راهکار سامانه مدیریت روسازی آسفالت در کاهش هزینه و بهبود کیفیت، مدیریت تعمیر و نگهداری معابر شهر تهران مطالعه موردی بزرگراه شهید همت."
- ۴- علوی پناه، سید کاظم (۲۰۱۰). "معرفی کتاب اصول سنجش از دور نوین و تفسیر تصاویر ماهواره ای و عکس های هوایی." فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر» ۱۸(۷۲): ۸۰-۸۰.
- ۵- چترسیماب (۲۰۱۶). "بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای و تکنیک های سنجش از دور به منظور بررسی بیابان زایی (مطالعه موردی: ریگ متین)." کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی ۶(۴): ۵۳-۷۲.
- ۶- گنجی کامران، قره چلو سعید، احمدی ا (۲۰۲۰). "بررسی اثر شاخص های مورفولوژیکی رودخانه گرگانود بر پهنه های سیلاب با استفاده از داده های سنجش از دور و تحلیل های مکانی (منطقه مطالعاتی: شهر آق قلا)." جغرافیا و مخاطرات محیطی ۹(۳).
- ۷- شهابیان مقدم ر، صحاف س.ع، محمد زاده مقدم ا، پوررضا حمید "تشخیص و طبقه بندی خودکار خرابی های روسازی بر پایه آنالیز بافت تصویر در حوزه مکان و تبدیل."
- ۸- رنجبرس، ذاکری ح، (۲۰۱۹). "تشخیص و دسته بندی ترک های روسازی با استفاده از شبکه های پیچشی عمیق." نشریه مهندسی عمران امیرکبیر.
- ۹- رنجبرس، ذاکری ح (۲۰۲۰). "ارزیابی خرابی قیرزدگی روسازی آسفالتی با استفاده از یادگیری عمیق و تبدیل موجک." نشریه مهندسی عمران امیرکبیر.
- ۱۰- اسما عیل زاده، امینی ج، (۲۰۱۶). "کالیبراسیون هندسی تصاویر SAR به منظور حذف خطاهای ناشی از توپوگرافی سطح زمین." Journal of Geomatics Science and Technology ۴(۵): ۱۷۳-۱۸۵.
- ۱۱- گنجی کامران، قره چلو سعید، احمدی ا (۲۰۲۱). "استخراج پهنه های سیلابی با استفاده از نسبتگیری طیفی داده های ماهواره های Landsat. ۸ و Sentinel ۲ جغرافیا و مخاطرات محیطی ۹(۳). ترویج و توسعه آبخیزداری ۵۳-۴۹.

- ۱۲- شفا بخش غ، نادر پور ح، فصیحی ف "انتخاب الگوریتم بهینه شبکه عصبی در تحلیل روسازی های انعطاف پذیر راه ها."
- ۱۳- منصورف، دزفولین ش، "تعیین عدد سازه ای موثر روسازی بر اساس شاخص ناهمواری و خرابی سطحی با استفاده از مدل های رگرسیون و شبکه عصبی." پژوهشنامه حمل و نقل ۱۵(۴): ۲۰۷-۲۲۱
- ۱۴- مالمیریان، حمید (۱۹۹۹). "مبانی و اصول سنجش از دور (قسمت اول)." فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر» ۸(۲۹): ۴۸-۵۲.
- ۱۵- مالمیریان، حمید (۱۹۹۹). "مبانی و اصول سنجش از دور (قسمت دوم)." فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر» ۸(۳۰): ۵-۱۳.
- ۱۶- مالمیریان، حمید (۲۰۰۰). "مبانی و اصول سنجش از دور (قسمت چهارم)." فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر» ۸(۳۲): ۸-۱۰.
- ۱۶- نوبخت، شمس و میناگر، مهدی، ۱۳۹۰، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدیریت روسازی راه، سمینار ملی کاربرد GIS در برنامه ریزی اقتصادی، اجتماعی و شهری، تهران، <https://civilica.com/doc/150542>
- ۱۷- جلیل هاشمی، سیدامیر و دیواندری، حسن، ۱۳۹۷، کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدیریت روسازی راه، کنگره بین المللی علوم مهندسی و توسعه شهری پایدار، <https://civilica.com/doc/810402>
- 17- Abdellatif, M., et al. (2019). Hyperspectral imaging for autonomous inspection of road pavement defects. Proceedings of the 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), International Association for Automation and Robotics in Construction.
- 18-Diamanti, N. and D. Redman (2012). "Field observations and numerical models of GPR response from vertical pavement cracks." Journal of Applied Geophysics **81**: 106-116.
- 19-Djamai, N. and R. Fernandes (2018). "Comparison of SNAP-derived Sentinel-2A L2A product to ESA product over Europe." Remote Sensing **10**(6): 926.
- 20-Dumoulin, J., et al. (2010). "Active infrared thermography applied to defect detection and characterization on asphalt pavement samples: comparison between experiments and numerical simulations." Journal of modern optics **57**(18): 1759-1769.
- 21-Herold, M., et al. (2008). "Imaging spectrometry and asphalt road surveys." Transportation Research Part C: Emerging Technologies **16**(2): 153-166.
- 22-Mettas, C., et al. (2016). "Risk provision using field spectroscopy to identify spectral regions for the detection of defects in flexible pavements." Natural Hazards **83**(1): 83-96.
- 23-Mettas, C., et al. (2015). Monitoring asphalt pavement damages using remote sensing techniques. Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015), International Society for Optics and Photonics.

- 24-Mousavi, S. H., et al. (2016). "Monitoring and Trending of LandUse Changes in Abarkooh Basin using Satellite Images (1976-2014)." Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR) **25**(97): 129-146.
- Nikolaou, A. (2016). "Study of asphalt pavement deterioration through remote sensing."
- 25-Pan, Y., et al. (2016). Road pavement condition mapping and assessment using remote sensing data based on MESMA. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing.
- 26-Radopoulou, S. C. and I. Brilakis (2015). "Patch detection for pavement assessment." Automation in Construction **53**: 95-104.
- 27-Rigabadi, A., et al. (2021). "An attempt for development of pavements temperature prediction models based on remote sensing data and artificial neural network." International Journal of Pavement Engineering: 1-10.
- 28-Shahi, K., et al. (2015). "A novel spectral index to automatically extract road networks from WorldView-2 satellite imagery." The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science **18**(1): 27-33.
- 29-Unger, D. R., et al. (2013). "Validating the geometric accuracy of high spatial resolution multispectral satellite data." GIScience & remote sensing **50**(3): 271-280.
- 30-Wang, Q. and P. M. Atkinson (2018). "Spatio-temporal fusion for daily Sentinel-2 images." Remote sensing of environment **204**: 31-42.
- 31-Wang, Q., et al. (2016). "Fusion of Sentinel-2 images." Remote sensing of environment **187**: 241-252.
- 32-Wu, K. (2015). Development of PCI-based pavement performance model for management of road infrastructure system, Arizona State University.
- 33-Zhou, Y., et al. (2019). "Retrieving the lake trophic level index with Landsat-8 image by atmospheric parameter and RBF: a case study of lakes in Wuhan, China." Remote Sensing **11**(4): 457.
- 34-Zuhlke, M., et al. (2015). SNAP (sentinel application platform) and the ESA sentinel 3 toolbox. Sentinel-3 for Science Workshop.

Astract

Forecasting the construction and repair of asphalt roads has long been one of the most important issues in the government budget. In pavement and infrastructure management, one of the goals of managers is to identify problems for the use of preventive measures and early rehabilitation in a timely manner. Many studies and experiences of organizations have shown that early detection of problems with preventive measures increases working life and reduces road maintenance costs. The performance of the transportation system mainly depends on its physical condition and includes its assets. Therefore, maintaining existing assets and maintaining the transportation system at a stable level is very important. The most important natural and human factors from asphalt damage, Asphalt age, oxidation, temperature, traffic loads and properties of PVC asphalt materials and the composition and age of the asphalt surface. The change in pavement quality is accompanied by a change in its chemical composition due to oxygen uptake; Enlargement of bitumen polymers and evaporation of light bitumen solvents occur, so in this study by examining satellite images, calculating their response spectrum for flexible asphalt pavements and comparing them with the actual quality of pavement, failure prediction and pavement life through Image processing is done. The target area is Sabzevar city and 35 km from Sabzevar-Shahrud Asian highway. This region has a hot, dry and continental climate. Initially, after field inspections and calculations of failure indicators for the desired road with the help of satellite data and latitude and longitude of the studied samples, the desired route line is formed. The Sentinel 2 satellite photo archive is used as a reference due to its relatively high resolution, availability and availability. Bands B2, B3, B4 and 8B have been selected due to their 10-meter bandwidth and resolution of between 440 and 900 nm close to the asphalt response spectrum. Taken and compared with the failure index and pavement age. From the analysis of the results, the correlation between the outputs of the B8 band and the failure index and the correlation between B2, B3, and 8 B and AGE are observed.

Keywords: Asphalt pavement, Pavement management system, GIS, Sample units, Pavement failure index, Image processing, Wavelength, Sentinel



**Shahrood University of
Technology**

Faculty of Civil Engineering

Thesis in Road and Transportation

Evaluation the quality of road pavement using satellite imagery
(Case Study : Shahroud – Sabzevar Road)

By: Mehran Rostami

Supervisors:
Dr Hosein Ghasem Zade Tehrani
Dr Saeed Gharechallo

Advisor:
Engineer.Abbas Mohammadi

January, 2021