

بسمه تعالی

## استفاده از سیستم اطلاعات مکانی کارا در سیستم مدیریت روسازی

علیرضا پیرمرادی، کارشناس مسئول اداره هماهنگی شوراهای GIS سازمان نقشه برداری کشور

p-moradi@ncc.neda.net.ir

زینب سادات ساداتی، دانشجوی سال آخر کارشناسی عمران - نقشه برداری

Zeynabsadat101@yahoo.com

### چکیده:

یکی از مهمترین مسائل در مدیریت شهری، بحث روسازی معابر و مدیریت بر آنها است. سیستم مدیریت روسازی شامل پیش بینی شرایط شبکه های روسازی و قیمت های مرتبط می باشد که با به کارگیری انواع استراتژی های تعمیراتی روسازی های مختلف، انجام می پذیرد.

یک سیستم مدیریت روسازی (PMS) روش سیستماتیک و منسجم را برای انتخاب ضروریات ترمیم و نگهداری، تعیین اولویت ها و زمان بهینه برای تعمیرات از طریق پیش بینی وضعیت روسازی برای آینده، در اختیار می گذارد. با توجه به وسعت شبکه معابر شهری و هزینه های سنگین تعمیرات و نیز هزینه های وارده بر کاربران، استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) در سیستم مدیریت روسازی اجتناب ناپذیر است.

یک سیستم اطلاعات مکانی کارا، بستر مناسبی را برای تمام جزئیات و شاخه هایی که می تواند توسط PMS بررسی شود، مهیا می کند. نتیجه حاصل از ترکیب GIS/PMS یک ابزار قوی برای ارتقاء تمام اجزاء و قسمت های PMS می باشد. بنابراین، ایجاد و راه اندازی یک سیستم مدیریت شهری و استفاده از قابلیت های GIS در آن، می تواند موجب بهینه سازی و بهنگام سازی تعمیرات روسازی شده و همچنین هزینه ها را کاهش داده و توزیع آن را عملی نماید. یک مدیر روسازی می تواند راهها و سایر تسهیلات مربوط به وسایل نقلیه اعم از رویه دار و بدون رویه را با استفاده GIS به خوبی مدیریت نماید.

**واژگان کلیدی:** تعمیر و نگهداری (M&R) - پایگاه داده - سیستم مدیریت روسازی (PMS) - نشانه وضعیت روسازی (PCI)

### مقدمه:

همان طور که می دانید روسازی سرمایه ملی هر کشور محسوب می شود که سالیانه بخش عمده ای از بودجه عمرانی سازمان های ذیربط صرف ترمیم، بهسازی، حفظ و نگهداری آنها میگردد. تأمین اعتبار و ابزار کافی برای این منظور از اهدافی است که مدیران ذیربط همواره با آن به عنوان گزینه ای مهم در تصمیم گیری مواجه هستند.

با توجه به این نکته که در گذشته فقط به نگهداری روسازی ها توجه می شد و مدیریت روسازی امری ناشناخته بود، عامل تعیین کننده در انتخاب روش ترمیم و نگهداری (M&R)<sup>1</sup> مناسب، تنها تجربه مهندسين بود و توجه چندانی به هزینه های چرخه عمر و یا به اولویت بندی براساس ضرورت در سطح شبکه معطوف نمی گردید.

1- M&R: Maintenance and Rehabilitation

در اقتصاد امروز به همان نسبت که از عمر روسازی‌ها می‌گذرد، نیاز به یک روش سیستماتیک برای تعیین ضرورت‌ها در امر ترمیم و نگهداری بیشتر احساس می‌گردد. امروزه شبکه روسازی‌ها نیاز به مدیریت و نگهداری همزمان دارند. پیشرفت‌های اخیر در زمینه کامپیوتر و تکنولوژی مدیریت روسازی باعث گردیده است که ابزار مورد نیاز را برای مدیریت اقتصادی فراهم آورند تا بتوان با استفاده از کامپیوتر و سیستم اطلاعات مکانی (GIS) بر روسازی‌های مختلف مدیریت بیشتری نمود.

### PMS چیست؟

- یک پردازش سیستماتیک جهت جمع‌آوری، مدیریت، تجزیه و تحلیل، جمع‌بندی و خلاصه نمودن اطلاعات روسازی است که برای حمایت و پشتیبانی انتخاب نوع مصالح روسازی، تعمیر و نگهداری به کار می‌رود.
- سیستم مدیریت روسازی ابزاری ارزشمند برای مدیران است که در نقطه بحرانی چرخه عمر روسازی می‌تواند کمک شایانی به آنها بنماید.
- PMS می‌تواند به عنوان ابزاری استاندارد برای مدیریت‌های حمل و نقل استفاده گردد زیرا مدیران حمل نقل با توجه به PMS متوجه سودهای یک سیستم حمایتی خواهند شد، که آن‌ها را در کشف استراتژی‌های مؤثر و ارزشمند برای مدیریت شبکه‌های روسازی یاری می‌نماید.

### سؤالاتی که PMS قادر است پاسخگو باشد:

- (۱) استراتژی‌های کلی تعمیر و نگهداری برای مفید و سودمندتر بودن، چگونه باید باشند؟
- (۲) کجا و چه مقاطعی از روسازی نیاز به تعمیر و نگهداری دارند؟
- (۳) از چه مصالحی و چگونه باید برای بهینه‌سازی روسازی منطقه‌ای استفاده گردد؟
- (۴) چه زمانی جهت انجام تعمیرات و نوسازی‌ها در منطقه مناسب است؟

### داده‌های مورد نیاز PMS :

برای یک PMS باید داده‌های زیر را در یک پایگاه داده جمع‌آوری نمود:

- (۱) لیستی از داده‌های موجود (شامل نوع سازه روسازی، نوع خرابی و ...)
- (۲) حجم ترافیک و بارگیری و اندازه‌گیری‌های میزان بارهای تک محوره
- (۳) شرایط روسازی (کیفیت راندن - آشفستگی سطوح اصطکاک و ...)
- (۴) ساختار روسازی، تاریخ نگهداری و تعمیرات

### مراحل انجام پروژه PMS :

۱- پیاده‌سازی روسازی‌ها

۲- مدیریت روسازی

### ۱- روش‌های پیاده‌سازی روسازی، برای انتخاب گزینه‌های ترمیم و نگهداری:

روش‌های پیاده‌سازی روسازی‌ها معمولاً بر اساس سه مورد زیر انتخاب می‌شود:

a) روش انتخاب بر اساس تجربیات قبلی و کارهای انجام شده

در این روش، تنها با استفاده از تجربیات قبلی روسازی‌ها، برای پیاده‌سازی روسازی‌ها تصمیم‌گیری می‌شود.

یکی از معایب عمده روش فوق، آن است که امکان انتخاب بهترین یا اقتصادی ترین گزینه وجود ندارد.

(b) روش انتخاب بر مبنای وضعیت کنونی روسازی جاده‌های مختلف

در این روش، ابتدا روسازی با استفاده از شاخص‌های گوناگون وضعیت که در برگیرنده خرابی، افت و خیز، ناهمواری و لغزندگی هستند، ارزیابی می‌شود، آن‌گاه براساس تحلیل این شاخص‌ها یک گزینه برای اصلاح وضعیت انتخاب می‌گردد. عیب این روش آن است که گزینه انتخاب شده ممکن است الزاماً اقتصادی ترین گزینه نباشد.

(c) روش انتخاب با توجه به هزینه‌های چرخه عمر

در این روش، نه تنها باید روسازی مورد نظر را به طور دقیق بررسی نمود، بلکه پیش‌بینی آن در آینده نیز ضرورت دارد.

## ۲- مدیریت روسازی

۱-۲) روسازی‌ها چگونه مدیریت می‌شوند؟

عوامل متعددی باعث فرسودگی روسازی‌ها می‌شوند. این عوامل شامل محیط، مصالح مصرفی، ترافیک، طرز ساخت و طراحی می‌باشد. روسازی‌ها معمولاً به نسبت‌های متفاوتی در طول عمرشان فرسوده می‌شوند. به منظور مدیریت مؤثر در این فرسایش متغیر:

- بازسازی و نوسازی تنها شامل روسازی‌هایی که فقط ۲ سال از عمرشان باقی مانده است، می‌باشد و روسازی‌هایی که بیش از ۲ سال از عمرشان باقی مانده باشد، از روش مدیریت تعمیر و نگهداری کلی، درست می‌شوند.
  - تعمیر و نگهداری کلی از بازسازی و نوسازی هزینه کمتری دارد که بدین وسیله به مدیریت حمل و نقل روسازی این اجازه را می‌دهد که هزینه‌های اضافی روسازی را صرف تعمیرات کلی نماید.
- نگهداری و تعمیرات کلی نسبتاً ارزان تمام می‌شود که به این طریق با حفظ روسازی‌های موجود منافع زیادی به دست می‌آید.

۲-۲) فرآیند مدیریت روسازی:

فرآیند مدیریت روسازی شامل عملکردهای اصلی زیر است:

- تعریف شبکه روسازی
- اندازه‌گیری وضعیت روسازی
- پیش‌بینی وضعیت روسازی
- مدیریت در سطح شبکه
- مدیریت در سطح پروژه

### ➤ تعریف شبکه روسازی:

اولین گام به منظور استقرار یک سیستم مدیریت روسازی (PMS) شناسایی و تعریف شبکه است. پس از آنکه شبکه‌ها مشخص گردید، آن‌ها را به «شاخه»ها و «قطعه»ها تقسیم می‌کنند. یک شاخه به قسمتی از یک شبکه اطلاق می‌شود که به سهولت قابل شناسایی باشد، نظیر یک خیابان یا باند پرواز معین. یک شاخه را می‌توان به یک یا چند قطعه یکنواخت تر تقسیم نمود تا مدیریت قادر باشد وظایف خود را در سطوح شبکه و پروژه به انجام رساند. قطعات را می‌توان براساس موقعیت جغرافیایی آنها در داخل شبکه یا براساس هر عامل دیگری که سازمان مربوطه مناسب تشخیص دهد، طبقه‌بندی نمود.

### ➤ اندازه‌گیری وضعیت روسازی:

اندازه‌گیری وضعیت روسازی شامل مراحل زیر می‌باشد:

تقسیم و تعیین روسازی به واحدهای نمونه، روش‌های اجرایی بررسی وضعیت (روسازی‌های دارای رویه آسفالتی، روسازی‌های دارای رویه بتنی، راه‌های بدون رویه)، نحوه محاسبه نشانه وضعیت روسازی (PCI)<sup>1</sup>

#### ➤ پیش‌بینی وضعیت خرابی روسازی:

یکی از ویژگی‌های مهم سیستم مدیریت روسازی (PMS) این است که هم توانایی تعیین وضعیت موجود شبکه روسازی را دارد و هم قادر است وضعیت آتی آن را پیش‌بینی نماید.

برای آنکه بتوان وضعیت موجود شبکه روسازی را به نحو قابل اعتمادی پیش‌بینی نمود، باید از یک سیستم درجه‌بندی عینی و قابل تکرار برای شناسایی وضعیت روسازی استفاده شود. برای این موضوع از نشانه وضعیت روسازی استفاده می‌گردد. PCI یک نشانه عددی است که مقدار آن از صفر برای یک روسازی غیرقابل استفاده تا ۱۰۰ برای یک روسازی کاملاً بی‌عیب و نقص تغییر می‌کند. محاسبه PCI براساس نتایج یک بررسی چشمی صورت می‌گیرد که در آن نوع، شدت و میزان خرابی مشخص می‌شود.

#### ➤ مدیریت در سطح شبکه و سطح پروژه

قابلیت‌های آنالیز PMS شامل ابزار Network-Level و Project-Level است.

Network-Level : ابزار آنالیزی است که از تصمیمات طراحی و برنامه‌ریزی برای یک شبکه یا سیستم درست و کامل حمایت می‌کند.

یک PMS معمولاً در سطح Network-Level شامل ابزار زیر است:

- ✓ محاسبه شرایط شبکه روسازی و پیش‌بینی اجرای روسازی در هر زمان
  - ✓ تعیین اختصاصی پروژه‌های تعمیر و نگهداری
  - ✓ محاسبه آلترناتیوهای مختلف برای تعیین نیازهای شبکه
  - ✓ اولویت‌بندی و بهینه‌نمودن اختصاصی از منابع برای ترکیب و قالب‌بندی طرحها، برنامه‌ها، و بودجه‌ها
- Project-Level : ابزار آنالیزی است که برای انتخاب آلترناتیوهای نهایی و طراحی پروژه‌هایی که در برنامه‌کاری جای می‌گیرد، استفاده می‌شوند.

#### سیستم اطلاعات مکانی (GIS)

یک GIS جامع شامل سخت‌افزار، نرم‌افزار، سازمانها و پردازشهای تجاری طراحی شده برای ورود داده‌ها به شیوه‌های مختلف نقشه‌برداری، ذخیره داده‌ها، انتقال داده‌ها، حمایت، مدیریت، دست‌کاری، تجزیه و تحلیل، تهیه مدل و تولید خروجی‌های متفاوت (شامل نقشه‌ها، گزارشها، طرحها) است. با توجه به این تعریف، از GIS به عنوان یک پردازشگر برای ترکیب داده‌های مکانی و توصیفی و اجرایی ساختن تصمیمات بیشتر استفاده می‌گردد. همچنین GIS به عنوان یک سیستم پشتیبان در تصمیم‌گیریها بسیار حایز اهمیت می‌باشد.

#### ترکیب سیستم اطلاعات مکانی (GIS) با سیستم مدیریت روسازی (PMS)

یک سری اطلاعات مکانی و توصیفی گوناگون برای تصمیم‌گیریهای PMS مورد نیاز است. GIS منطقی‌ترین راه ایجاد ارتباط بین اطلاعات گوناگون مرتبط را نشان می‌دهد.

برای نیازهای مختلف PMS - از ورود و خروج داده‌ها گرفته تا تهیه مدل‌های پیشرفته - توابع تحلیلی GIS توسعه یافته‌اند.

اجزاء مختلف ترکیب GIS / PMS عبارتند از:

<sup>1</sup> - Pavement Condition Index

۱- مجموعه داده‌ها (شامل فهرست جاده‌ها و علائم موجود در کنار جاده‌ها، نوع سازه روسازی و شرایط آن، ترافیک، زمان نگهداری، اندازه مقاومت آسفالت، زمان بررسی و بازدید از پلها، تحقیق در مورد تصادفات و علل مختلف آنها، شرایط آب و هوایی منطقه می‌باشد).

۲- تجزیه و تحلیل اولیه و تفسیر آنها

۳- برآورد سیستم

۴- تعیین و شناسایی پروژه و توسعه آنها

۵- پیاده کردن و اجرای پروژه

هر کدام از این بخشها در فرآیند PMS، توسط GIS ارتقاء کیفیت پیدا می‌کند. با نگاهی به PMS در می‌یابیم که توابع تحلیلی متعددی در GIS به کار می‌رود که برای GIS/PMS مؤثر و کارآمد مورد نیاز است.

این اطلاعات و توابع شامل موارد زیر می‌گردد:

نقشه‌های موضوعی مورد نیاز، پایگاه اطلاعاتی قابل انعطاف، توابع ریاضی توسعه یافته، فرمولهای آماری، انواع نمودارها، توابع مورد نیاز تحلیل‌های شبکه، مدلها و الگوریتمهای مختلف

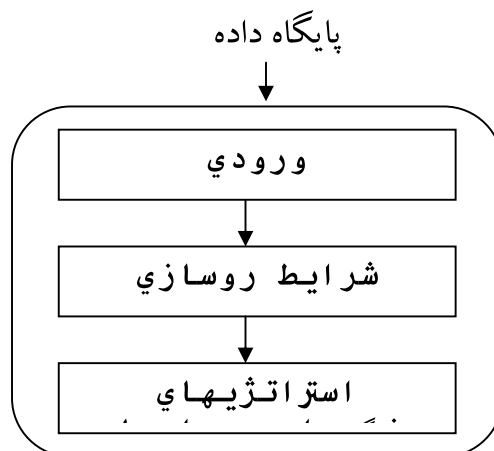
### نقش تلفیق اطلاعات مکانی در PMS

داده‌های جمع آوری شده برای PMS دارای فرمتهای مختلفی است که هر یک مستقل از یکدیگر هستند و هر یک از این داده‌ها از سیستمهای مرجع مختلف استفاده می‌کنند. از اینرو GIS به عنوان یک چارچوب برای تلفیق و ترکیب اطلاعات مطرح می‌شود.



نمونه‌ای از تلفیق اطلاعات مکانی که موقعیت تصاویر ژئورفرنس شده را با جاده‌ها نشان می‌دهد.

### مؤلفه‌های اصلی مورد نیاز PMS در سیستم اطلاعات مکانی:



تجزیه و تحلیل

بازتاب

۱. پایگاه داده (Data Base):  
اولین قسمت از هر سیستم مدیریت است که باید حداقل دارای اطلاعات زیر باشد:  
۱-۱ ورودی (Inventory):  
توصیفات فیزیکی و مبنا از شبکه‌های جاده‌ای  
۲-۱ شرایط روسازی (Pavement Condition):  
ارزیابی‌های ساختاری برای تعیین سطح خدمات قابل ارایه به استفاده‌کننده‌ها  
۳-۱ استراتژیهای نگهداری و احیا (Maintenance And Rehabilition):  
استراتژیهای مورد استفاده برای حل مشکلات، که همه اینها نمونه‌ای از استفاده‌های مشخص بررسیهای دوره‌ای شرایط می‌باشند.  
اطلاعات پایگاه داده برای ایجاد یک برنامه نگهداری و احیای چند ساله و بودجه‌بندی به صورت زیر تجزیه و تحلیل و دسته بندی می‌شوند.  
۲. تجزیه و تحلیل: (Analysis)  
۱-۲ نیازهای شبکه: (Network Needs)  
سیستم ابتدا استراتژیهای نگهداری و احیا را برای هر قسمت موجود جاده اختصاص می‌دهد و سپس آنها را برای رسیدن به بهترین استراتژی کاهش می‌دهد.  
۲-۲ اولویت بندی: (Prioritization)  
با توجه به اینکه منابع مالی موجود معمولاً کمتر از نیازهای شبکه سیستم است. بنابراین پروژه‌ها بر اساس ضوابط و قواعد محکمی و با توجه به اهداف شرکت رتبه‌بندی می‌شوند.  
۳-۲ برنامه کاری: (Work Program)  
با استفاده از لیست پروژه‌های اولویت بندی شده، یک برنامه نگهداری و احیای چند ساله آماده می‌شود.  
۴-۲ بودجه‌بندی: (M&R Budget)  
تعیین نیازهای مالی سالانه برای اجرای پروژه‌هایی که در برنامه قرار دارند.  
۳. بازتاب (Feed Back):  
آخرین مرحله مستلزم دانستن طرح و نقشه کار است و باعث تهیه مرحله ضروری بررسی بازتاب سیستم می‌شود که به مقایسه روسازی و اجرای مرمت‌ها با میزان توانایی پیشگویی PMS می‌پردازد که جهت پیشرفت و ارتقای یک سیستم واقعی، بسیار مهم و اساسی است.

### مطالعات موردی:

#### • شهرستان کرج:

سیستم مورد نظر در این پروژه، یک سیستم اطلاعاتی - تحلیلی تکاملی است، که اطلاعات آن به طور مستمر با یک برنامه ای که بر اساس علوم و فنون نوین مهندسی، فن‌آوریها و تحولات اقتصادی تنظیم گردیده است، بررسی و بهنگام می‌شود تا امکان سنجی اقتصادی و استراتژی مهندسی انتخاب شده برای ترمیم، بهسازی، حفظ و نگهداری روسازی بهینه گردد.

این سیستم برای ثبت و بازیابی کلیه اطلاعات مربوط به روسازی، زیرسازی، خرابیها و مرمت‌های معابر جهت تهیه مدل زوال معبر و همچنین مدیریت اطلاعات و برنامه‌ریزی مرمت معابر طراحی شده‌است. که شامل زیر بخشهای زیر است:

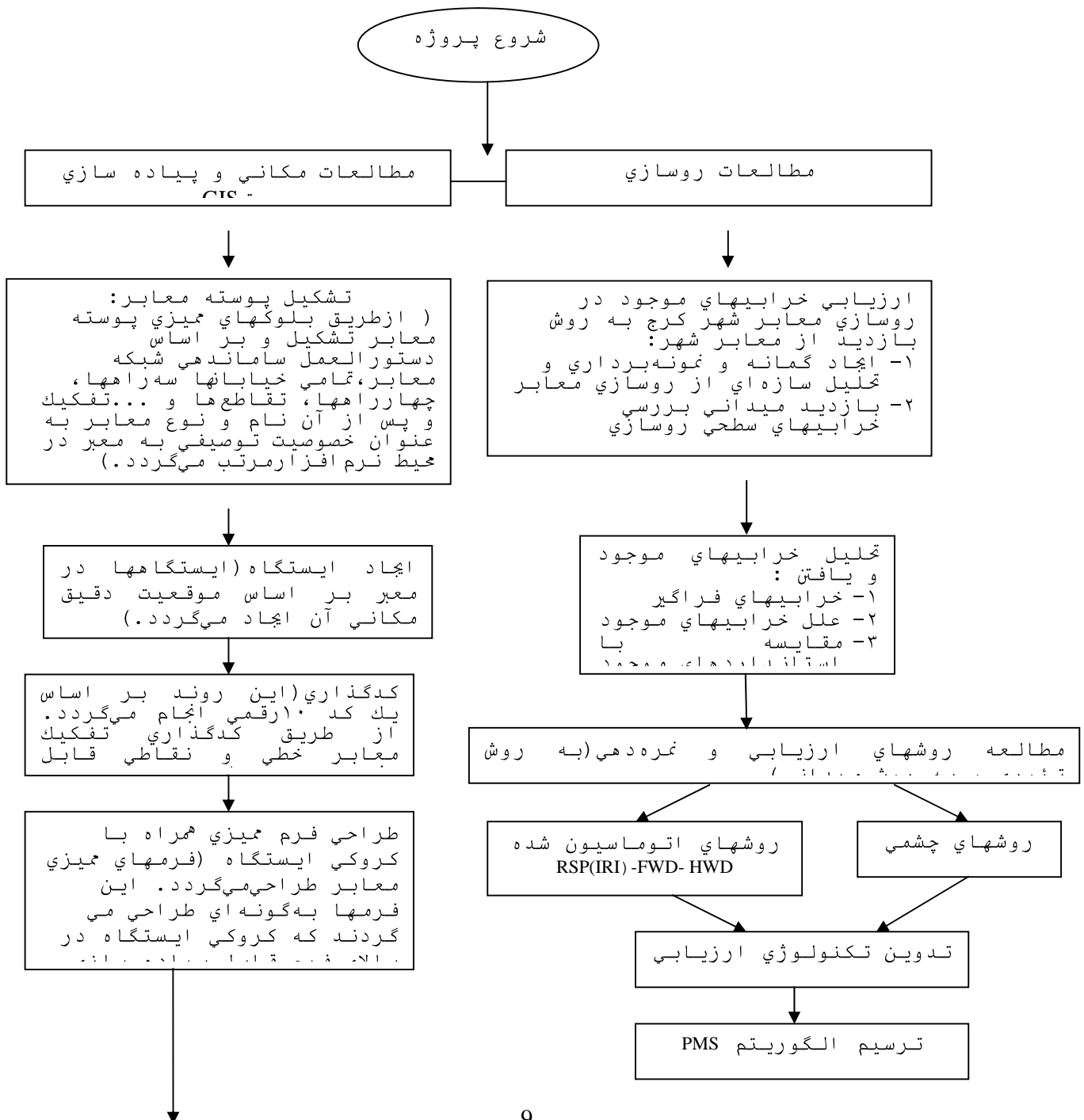
- مدیریت نقشه‌های پایه و معابر شهر
- بانک اطلاعات روسازی و زیرسازی معابر
- بانک اطلاعات خرابیها و مرمت‌های معابر
- گزارشهای مدیریتی جهت اتخاذ تصمیم
- برنامه‌ریزی مرمت معابر

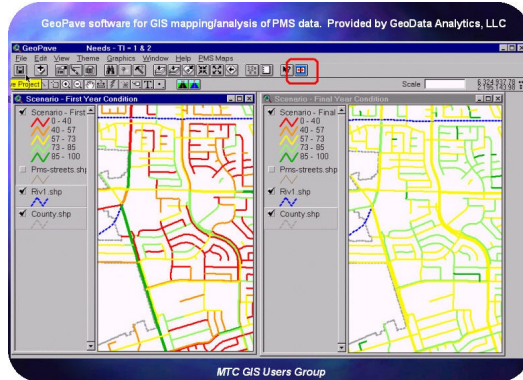
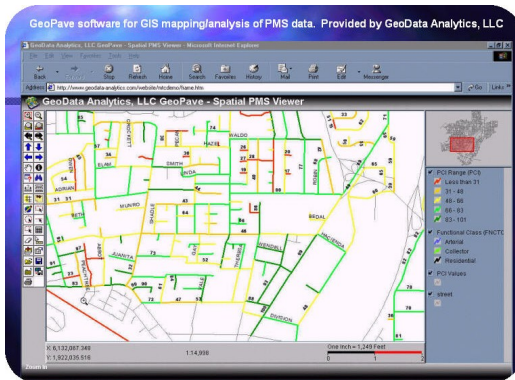
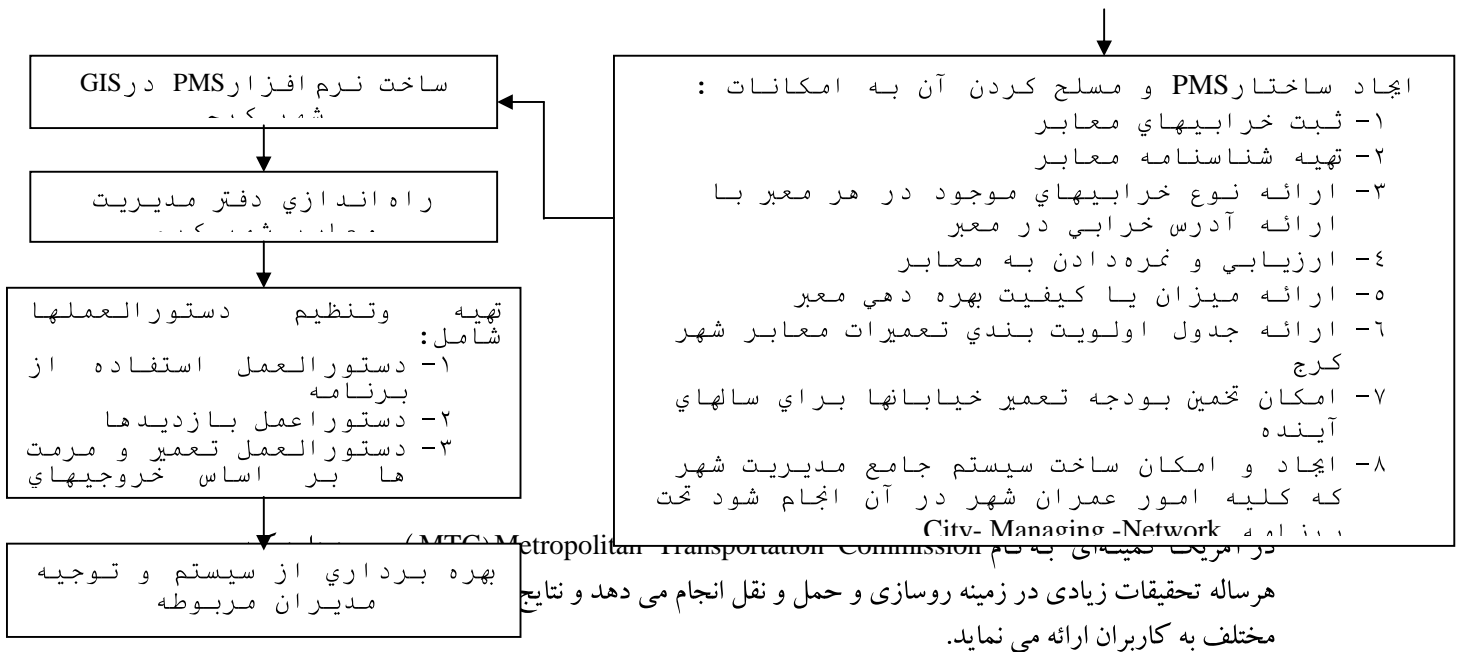
ساخت PMS شهر کرج، از یک سو به روشهای چشمی (PCI) و از سوی دیگر به روشهای اتوماسیون شده<sup>1</sup> (IRI) و همچنین متکی بر ساختار سازه‌ای روسازی (نمونه‌گیری و استفاده از FWD<sup>2</sup>) متکی است. اگرچه این سیستم مزایای بسیاری دارد، اما بعضی فیلدهای اساسی و کلیدی در روسازی در آن موجود نیست. فیلدهایی نظیر اطلاعات ترافیکی، شرایط آب و هوایی و... که یقیناً سیستم مدیریت شهری کرج با در نظر گرفتن این فیلدها و همه عناصر مؤثر در برنامه‌ریزی شهری، نتایج بهتری در بر خواهد داشت.

<sup>1</sup> -International Roughness Index: نشانه ناهمواری بین المللی

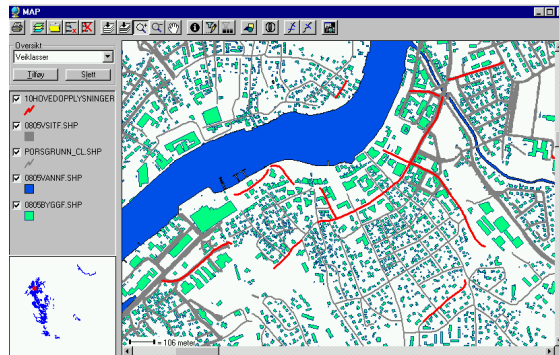
<sup>2</sup> -Falling Weight Deflectometer: افت و خیز سنج وزنه‌ای







شکلهای بالا نمونه ای از نرم افزار Geo Pave است که با استفاده از توسعه نرم افزار Arc View برای آنالیز داده های مکانی در PMS توسط گروه MTC ایجاد شده است.



نقشه طبقه‌بندی انواع جاده‌ها بر اساس روسازی

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات:

یک سیستم GIS می‌تواند تصمیم اتخاذ شده در مورد استراتژی تعمیر و زمان‌بندی پروژه را به وسیله ایجاد ارتباط بین اطلاعات گوناگون، مانند: تاریخ تصادفات، نیازهای اقتصادی، محموله‌های مواد پر خطر و حجم ترافیک به تفصیل شرح دهد. GIS می‌تواند به سؤالات مکانی گوناگون پاسخ دهد. همچنین به وسیله توابع GIS می‌توان داده‌هایی که مورد نیاز PMS است، را جمع‌آوری، پردازش و ژئورفرنس نمود و انواع خطاهای موجود در داده‌ها را نشان داده و آنها را از بین برد.

مهمترین نتایج حاصل از مدیریت صحیح بر روسازی جاده‌ها شامل موارد زیر است:

- ۱) سرمایه‌گذاری تجاری از میان انواع مختلف دارایی‌ها برای روسازی
  - ۲) مدیریت و نمایش جاده‌ها و بزرگراهها
  - ۳) توسعه سازه‌ها
  - ۴) برنامه‌های نگهداری و تعمیرات
  - ۵) طراحی و آنالیز پروژه‌های خاص
  - ۶) داشتن نقشه‌های به روز و رقومی به‌خصوص در مورد لایه شبکه راهها
- با توجه به مطالب مذکور در این مقاله، موضوعات و مسائل زیر برای تحقیقات آینده که بر اساس نتایج و ترکیب تحقیقات و مشکلات به‌دست آمده، بیان می‌گردد:
- ۱- تفسیر و توضیح "اجرای مدیریت بهینه" با استفاده از ترکیب داده‌ها و با توجه به منابع مالی موجود
  - ۲- تعیین روشهای بهینه برای ذخیره‌سازی داده‌ها که شامل داده‌های قدیمی، داده‌های جدید و آنالیز مکانی داده‌های PMS می‌باشد.
  - ۳- گسترش روشهای اتوماتیک جمع‌آوری داده‌های مکانی با دقت بالا مانند GPS
  - ۴- آنالیز سود و هزینه بر اساس توسعه ابزارهای مکانی و توصیفی برای استفاده در مدیریت روسازی
  - ۵- توسعه کالبدی روشهای PMS توانمند با ابزارهای مکانی و تعیین خط مشی آموزشی برای کاربران در استفاده از GIS برای حمایت از کاربردهای مختلف PMS

#### منابع:

- ۱- مدیریت روسازی برای راهها، فرودگاهها و پارکینگها؛ ترجمه دکتر محمود عامری؛ انتشارات دانشگاه علم و صنعت
- ۲- معاونت فنی عمرانی شهرداری کرج
- ۳- شرکت نرم‌افزاری نگاره

4- Dyn Seg for Pavement Management, MTC GIS Users Group Meeting February 27, 2003

5- NCHRP SYNTHESIS335

Pavement Management Applications Using Geographic Information Systems(TRANSPORTATION RESEARCH BOARD EXECUTIVE COMMITTEE 2004 (Membership as of July 2004)

6- <http://www.mtc.ca.gov/GIS>

7- <http://www.Farallon Geographics Case Studies>

8- [http://www.michigan.gov/document/pavement\\_16566\\_7.pdf](http://www.michigan.gov/document/pavement_16566_7.pdf)

9- Strategic Use Of PMS\_ A Case Study

Marketing Manager- Hannne W.Narvestad

10 -Metropolitan Transportation Commission