

یک مدل اطلاعاتی با استفاده از عکس برداری برای بازرسی پل های بتنی

سهراب زیرک کار^۱، حسن علیاری^۲

E-mail: s_zirakkar@yahoo.com عضو باشگاه پژوهشگران جوان تبریز،

E-mail sepanta_mail@yahoo.com عضو باشگاه پژوهشگران جوان تبریز،

Tel: 09144165291, s_zirakkar@yahoo.com

چکیده

سیستم های مدیریتی پل، برای اینکه پایگاه های اطلاعاتی و جنبه های تصمیم گیرنده ی بازرسی پل و نگهداری آن ها را شامل شوند توسعه یافته اند ولی این سیستم ها هنوز از بخش کنترل اتوماتیک و بازرسی پل ها غافل مانده اند. این سیستم های اتوماتیک باعث کاهش هزینه ها و همچنین بهینه کردن روش های بازرسی می شوند. در این مقاله به بررسی مدل اطلاعاتی که به صورت اتوماتیک از بازرسی تصاویر پل های بتنی تهیه شده است، پرداخته و همچنین قالبی را برای یک متدولوژی بازرسی اتوماتیک پل ها و جزئیات بحث اثرات مدل اطلاعاتی که شامل توسعه مدل اطلاعاتی ایجاد تصاویر بر روی صفحه نمایش می شود، مورد بحث قرار می دهیم.

واژه های کلیدی: بازرسی پل، نگهداری پل، مدیریت پایگاه داده ها، مدیریت اطلاعات، سیستم های اطلاعاتی

مقدمه

کلید نگه داری سیستم حمل و نقل عبارت است از یک سیستم زیر بنایی مدیریت حمل و نقل، از این رو تامین خدمت رسانی سطح بالا در طول دوره بازرسی و نگهداری، برای حفظ و ادامه خدمات حمل و نقل حائز اهمیت است.

با این وجود، سالیان سال بسیاری از بخش های ارائه ی خدمات حمل و نقل بیشتر تلاش های خود را در برنامه ریزی و بودجه پردازی و اختصاص پول بر روی ساختارهای جدید معطوف نموده اند در حالی که به امر نگهداری و بازرسی و مرمت بطور اصولی توجه چندانی نشده است [۱]. در بسیاری از موارد، تنها نیروی محرکه برای توجه به امر نگهداری و مرمت، وقوع بلایای طبیعی و یا بحران ها و فجایع بوده است. این طرز نگرش دیگر کافی و مناسب نبوده و بویژه که بسیاری از ساختارهای زیر بنایی خطوط حمل و نقل به پایان عمر قانونی خدمت رسانی خود رسیده باشند. در نتیجه، سیستم های ساخت راه ها و پل ها باید به گونه ای باشند تا به نگهداری و مرمت آنها کمک شده و از نگرش در زمان های حوادث و بحران برای تامین زیر ساختارهای ساخت پل و راه، اجتناب گردد [۳-۱]. نمونه های در دست ساخت بین المللی در این زمینه، پیشرفتی است که در سیستم اطلاعاتی مبتنی بر حفظ و نگهداری و بهینه سازی و شبکه ارتباطی^۳ (PONTIS) و تکنولوژی اطلاعات پل^۴ (BRIDGIT) و سیستم پل سازی پنسلوانیا^۵ (PENBMS) صورت پذیرفته است [۴]. در نتیجه سیستم pontis بصورت یک سیستم استاندارد ملی درآمده و اکثر بخش های حمل و نقل کشورها خود را با آن وفق داده اند [۵]. بحث اصلی عبارت از خودکارسازی بازرسی پل ها برای پیشبرد روند نگهداری است که در این مقاله به آن می پردازیم. این پروژه، سیستم خودکارسازی را با PONTIS ها در سیستم های نگهداری از پل ها (BMS) متحد و یکپارچه می سازد.

^۱ کارشناس مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

^۲ دانشجوی کارشناس مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

^۳ PONTIS : Preservation optimization and network information system

^۴ BRIDGIT: BRIDGIE information Technology

^۵ PENBMS: PENnsylvania Bridge Management System

نیازهای اولیه جهت بازرسی پل ها

اطلاعات مربوط به وضعیت پل، عمده ترین بخش مدیریت نگهداری پل بوده و این اطلاعات بطور دوره ای جمع آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند تا میزان تخصیص حداکثر بودجه مالی بین ساخت و سازه های جدید، نگهداری و مرمت مشخص گردد [۷ و ۸]. از آنجائی که در حال حاضر زمان و بودجه زیادی صرف نگهداری و مرمت سیستم های موجود می گردد، بنابراین نیاز شدیدی برای پیشبرد و توسعه سیستم های موثر نگهداری پل ها احساس می شود که این امر باعث چشمگیر تر شدن روش جمع آوری، تنظیم و بکارگیری اطلاعات بمنظور برنامه ریزی صحیح و بهینه سازی روند نگهداری می گردد. در این میان نیاز به پیشبرد و توسعه و ایجاد روش های کنترل خودکار و نگهداری پل ها بیش از پیش ملموس تر می گردد.

کنترل و بازرسی پل ها امر بسیار پرهزینه ای بوده و درعین حال نگهداری به عنوان یک ساختار زیر بنائی امن، ضرورت دارد. روش های اولیه برای کنترل پل ها بازرسی ظاهری و چشمی است. بخش های مختلف یک پل از نزدیک توسط بازرسان آموزش دیده مورد بازرسی قرار می گیرد که این بازرسان وضعیت بخش های مختلف پل را ارزیابی نموده و به آنها امتیاز می دهند. این امتیاز دهی و درجه بندی مبتنی بر یک سری ارزیابی کیفیتی از وضعیت موجود و براساس دستورالعمل های داده شده و تجربه ی شخصی بازدید کننده است. در بسیاری از موارد، این نوع بازرسی و ارزیابی، موثر و مناسب است. با این وجود ممکن است به خاطر بصری و نظری بودن ماهیت این نوع ارزیابی، درجه بندی وضعیت بخش های مشابه از یک بازرسی به بازرسی دیگر و از یک حالت با حالتی دیگر به کلی متفاوت باشد. علاوه بر این، ممکن است بازدیدها در مواقع مناسب و بحرانی صورت نگرفته باشند.

عوامل زیادی می توانند در انتخاب نوع روش های بازرسی موثر بوده و ممکن است زمان بندی بازرسی را تغییر دهند [۹ و ۸]. این عوامل عبارتند از وضعیت پل، سن، اندازه و نوع پیچیدگی، حجم رفت و آمد، تأثیر ترافیک، دسترسی به پرسنل و تجهیزات، شرایط محیطی، موقعیت جغرافیایی و شیوه اجرای پل. هر کدام از این عوامل می توانند بر میزان خرابی پل و نیاز به نگهداری، ترمیم و بازسازی پل تأثیر گذار باشند. بنابراین موسسات حمل و نقل باید بدنبال یافتن راهکارهایی باشند که دفعات و نحوه بازرسی و بازرسی و تجهیزات ارزیابی را در نظر داشته باشد.

بسیاری از روش های ارزیابی موسوم به ارزیابی غیر مخرب بگونه ای طراحی شده اند که بدون ایجاد تخریب بر روی پل ها، قابل استفاده می باشند. بعضی از این روش ها امکان دارد کاربرد بسیار گسترده و چند جانبه ای داشته باشند، در حالی که ممکن است بعضی دیگر از این روش ها اختصاصی تر باشند.

اخیراً در بازرسی پل ها از وسایل کنترل از راه دور استفاده می گردد که لرزش ها و فشارها را در زمان واقعی وقوع آنها ضبط و ثبت می کنند تا بتوان فرسایش را دقیق تر و درست تر در پل های معینی تعیین و زمان کمتری را در عیب یابی صرف نمود.

سیستم کنترل از راه دور همراه با بکارگیری تکنیک های خودکار عکسبرداری می تواند بطور قابل ملاحظه ای هزینه بازرسی و نگهداری پل ها را کاهش دهد. صرفه جویی در هزینه و همچنین کاهش هزینه ها با عوامل زیر امکان پذیر می شوند:

۱- کاهش یا بهینه سازی تعداد دفعات رفت و آمدهایی که شخص بازدید کننده باید با اتکا بر داده های اخذ شده از تکنیک های خودکار کسب نماید.

۲- بعنوان سیستم اخطار دهنده ای بر خرابی پل ها قبل از وقوع آن عمل می نماید. به علاوه، بازدید و بازرسی سیستماتیک و دوره ای در این مورد بطور حتم عمر کارائی مفید پل را افزایش داده و احتمال وارد شدن خسارت به اموال عمومی را کاهش و یا از بین می برد.

۳- چهارچوبی برای سیستم بازرسی خودکار بطریق عکسبرداری از پل ها است.

با توجه به پیشرفت های کنونی نیاز مبرمی به یک متدولوژی خودکار بازرسی پل احساس می شود که بتوان از تکنولوژی های تصویربرداری بهره برد.

تعدادی از سیستم های تصویربرداری از بررسی وضعیت راه ها ایجاد شده است [۱۰ و ۱۱] ولی این سیستم ها برای پل ها مناسب نیستند زیرا عمدتاً از دوربین هایی که بر روی وسایط نقلیه ای که در راه ها با سرعت بزرگراهی حرکت می کنند نصب شده اند. بازدید از پل ها نیازمند استفاده از دوربین هایی است که ثابت و دارای حرکت بسیار کمی هستند تا بتوان عکس هایی از عرشه پل و همین طور از اجزائی همچون شاه تیرهای پل اخذ کرد. چهارچوب پیشنهادی برای متدولوژی عکسبرداری از بازرسی پل ها در شکل یک نشان داده شده است. این چهارچوب از سه بخش عمده تشکیل شده است: گردآوری اطلاعات، تعبیر و تفسیر اطلاعات و یک مدل اطلاعاتی (ذخیره سازی و پردازش اطلاعات)

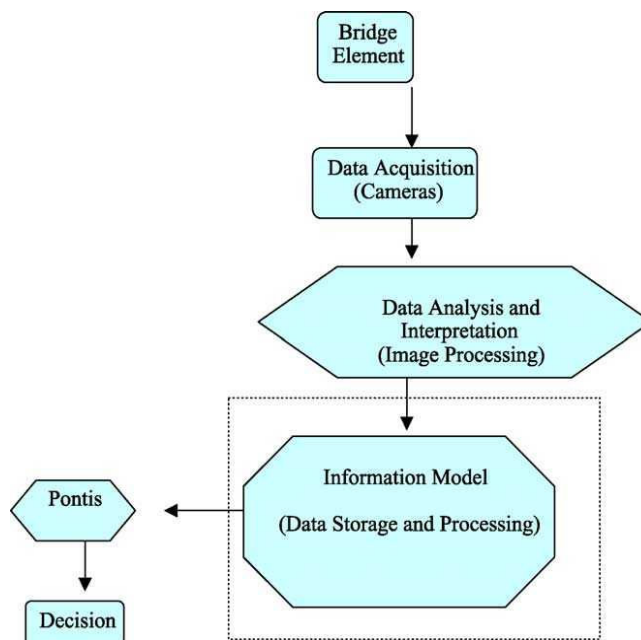


Fig. 1. Proposed imaging inspection information system for concrete bridges.

جمع آوری و کسب اطلاعات، شامل روش ها و تکنولوژی هائی می گردد که در گرفتن عکس ها و ارسال آنها به بخش تحلیل و تفسیر جهت بررسی و برآورد وضعیت پل، بکار می روند. این روش ها و تکنولوژی ها باید توانائی های کنترل دائمی را تامین نموده و نیاز به حضور شخص بازدید کننده از محل مورد نظر را از بین ببرند. بنابراین، انتخاب نوع تکنولوژی عکس برداری با دوربین ها و محل استقرار آنها، در بالابردن سطح ایمنی و اطمینان از روند بازرسی جنبه حیاتی دارد. دوربین ها باید بطور دائمی در نقاط کلیدی پل نصب و از طریق شبکه کابلی به مرکز تحلیل و تفسیر وصل شوند و یا اینکه از سیستم بی سیم برای ارسال تصاویر گرفته شده به مرکز تحلیل و تفسیر استفاده گردد. اپراتور دوربین باید این توانائی را داشته باشد که از راه دور، دوربین مورد نظر را فرضاً در تغییر دادن زوم و حرکت دادن دوربین در جهات مختلف کنترل نماید. هنگام وقوع عمل عکسبرداری برخی از عوامل مانند وضعیت هوا، موقعیت زمانی در شبانه روز، سایه ها و محل قرار گرفتن دوربین باید مورد توجه قرار گیرند. تجزیه و تحلیل اطلاعات، شامل الگوریتم های پردازش عکس ها بمنظور بررسی و درک اطلاعات هستند و عکس های دیجیتالی گرفته و ذخیره شده در پایگاه داده حاوی آنها می باشند. برای مثال، یکی از تکنیک های بررسی و تحلیل، الگوریتم های کشف شکاف است که شکاف و ترک ها را از بقیه عکس های گرفته شده جدا می کند تا آنچه را که به عنوان عکس ترک ها نامیده می شود ایجاد کند [۱۲]. سپس سایر تکنیک های پردازش تصویر از قبیل نوع، قطر، عمق و طول ترک مشخص می گردند تا یک ارزیابی کلی از پل تحت بازرسی تعیین گردد. همچنین تحلیل و تکنیک های خودکار دیگری هم می توانند برای شناسائی سایر انواع آسیب های سطحی مورد استفاده قرار گیرند.

بحث اصلی در این مقاله ایجاد الگوی اطلاعاتی است. الگوی اطلاعات شامل یک مدل اطلاعاتی ارتباطی در حمایت از متدولوژی بازرسی خودکار بطریق عکسبرداری است. مدل اطلاعاتی که برای کامل کردن PONTIS از طریق تعریف المان های پل طراحی گردیده و به گونه ای بوده که در شکل (۱) نشان داده شده است. در ادامه مقاله بحث در مورد الگوبندی و چگونگی پیشرفت هائی است که در طراحی الگوی اطلاعاتی عکس برداری به وقوع پیوسته است. در حال حاضر، این مدل، عکس های مربوط به شکاف و ترک ها و سایر آسیب های سطحی را ذخیره می کند و برای ارزیابی وضعیت و تحلیل آن ها بیش از آن که به الگوریتم های پردازش عکس ها متکی بوده باشد، به خود بازدید کننده ها متکی است.

متدولوژی الگوپردازی

مدل بازرسی از طریق گردآوری اطلاعات بوسیله عکس ها با بکارگیری چهار مرحله برای متدولوژی الگوپردازی متحول گردیده که در شکل (۲) نشان داده شده و نیز به شرح زیر است:

اولین مرحله در جهت تلاش برای الگو پردازی، شرح و توصیف مشکل، عبارت از شناخت موارد اطلاعاتی مورد نیاز و توصیف رفتار الگوی اطلاعاتی است که با در نظر گرفتن روش ها و مکانیزم هائی که در اکتساب و پردازش اطلاعات مورد استفاده قرار گرفته اند صورت می پذیرد.

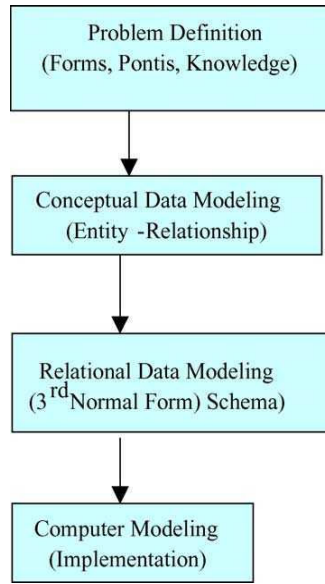


Fig. 2. Four-step information system modeling methodology.

در این مرحله موارد اطلاعاتی از طریق ۳ مرحله زیر مورد شناسایی قرار می گیرند:

- ۱- تحلیل روند بازرسی پل و شکل آن ۲- مطالعه دقیق و کامل از PONTIS ها ۳- بررسی و مطالعه ادبیات فنی مرتبط با بازرسی پل ها.
- دومین مرحله، الگوبردازی نظریه ای، عبارت از نشان دادن نموداری از اطلاعاتی الگوی عکسبرداری شده مرحله اول است. حاصل این مرحله کسب یک مدل اطلاعات فرضیه ای که دارای رابطه مستقل (ER) است که طرح سیستم اطلاعاتی را نشان می دهد.
- سومین مرحله، الگوبردازی محاسبه ای و کامپیوتری بوده که مدل اطلاعاتی رابطه مستقل را که در مرحله دوم بدست آمده (ER) تبدیل به یک پیش نویس ارتباطی پایگاه داده ای می کند که مناسب کاربرد در یک محیط خودکار و اتوماتیکی باشد.
- چهارمین و آخرین مرحله، روند الگوبردازی است که این پیش نویس را مورد استفاده قرار می دهد و یک سیستم کامپیوتری اتوماتیک برای حل مسئله با بکارگیری سیستم مدیریت پایگاه داده ای ابداع می کند.

- تعریف مسئله (مشکل)

PONTIS یک سیستم اطلاعاتی مدیریت جامع پل بوده که عملکرد عمده آن عبارت از جمع آوری اطلاعات، تفسیر، پیش بینی، حسابداری، تصمیم گیری، تامین بودجه و طراحی و برنامه ریزی است [۱]. در PONTIS، پل یک مولفه اصلی بشمار می رود و شامل چهل و هفت جزء می گردد که در چهارطبقه عمده جای می گیرد: اجزای عرشه، اجزای روسازه ای، اجزای زیر سازه ای و اجزای متفرقه. برای شناخت موارد اطلاعاتی که مدل عکسبرداری را شامل می گردد، اقدامات زیر به اجرا درمی آید:

۱- تجزیه و تحلیل اشکال بازرسی پل که از عملکرد اجرای پل PONTIS تبعیت می کند [۱۳].

۲- مطالعه و بررسی دقیق و کاملی از PONTIS

۳- مرور و بررسی جامعی از ادبیات فنی موجود در رابطه با بازرسی پل و روش های نگهداری آنها

۴- تحلیل نیازهای چهارچوب عکسبرداری اتوماتیک.

نمودار زیر نتیجه نهایی مجموعه آیتم های اطلاعاتی می باشد.

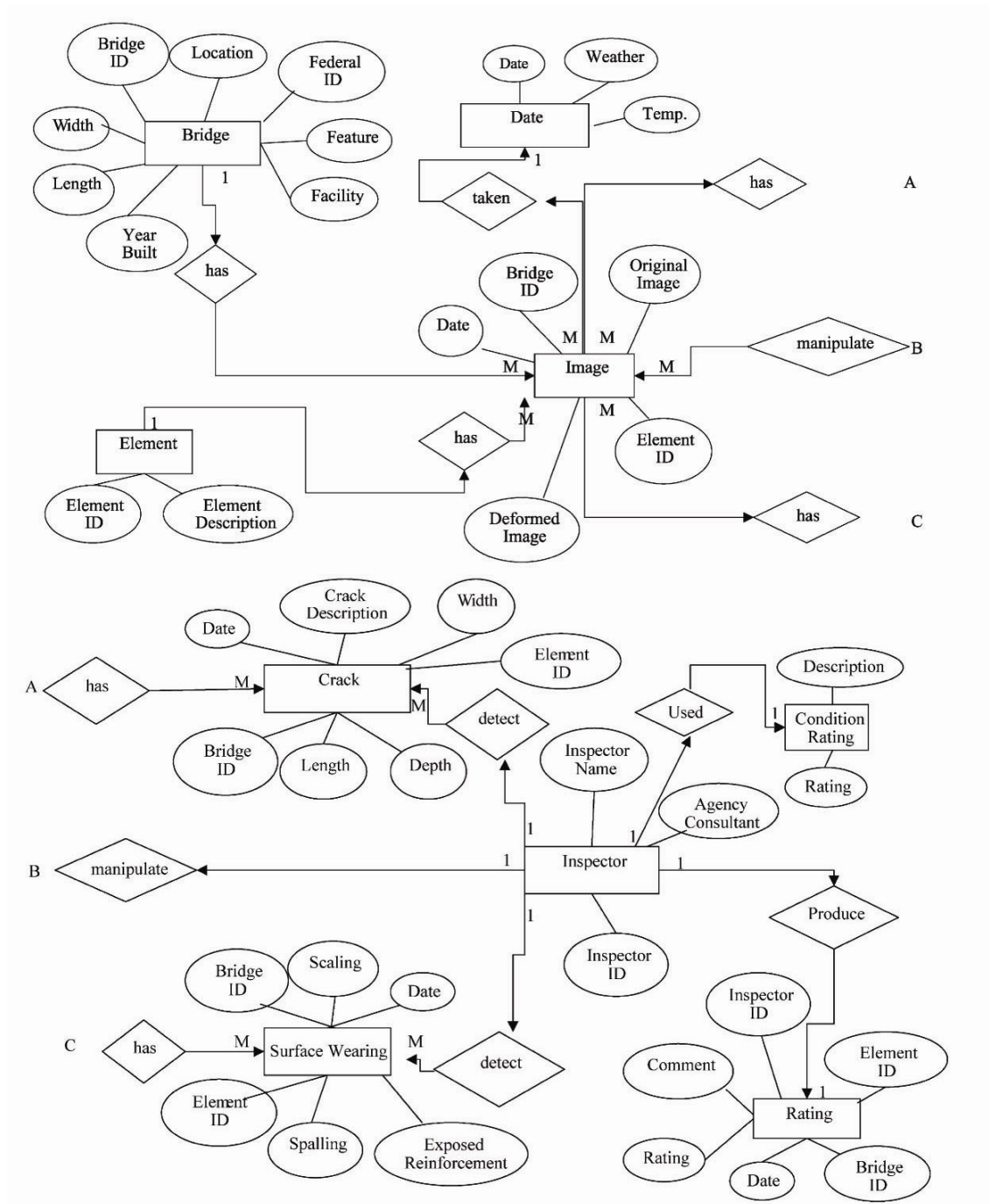


Fig. 3. E-R diagram for the imaging information system.

- الگوبندی نظریه ای اطلاعات

با بکارگیری موارد اطلاعاتی بدست آمده، یک الگوی فرضی و نظریه ای ER برای سیستم عکس برداری از پل بدست آمد. (شکل ۳) در این شکل، مدل اطلاعات ER شامل ۹ کلیت می باشد:

پل، اجزاء، تاریخ، عکس، شکاف (ترک)، فرسایش سطحی، بازدید کننده و درجه بندی وضعیت. هر کلیت دارای موارد اطلاعاتی می باشد که خواص یا صفت نامیده می شوند. بعنوان مثال المان یا همان اجزا دارای ۲ صفت می باشد: شناسه جزء (ID) و تعریف جزء. کلیت ها به وسیله پیوند ها به هم مرتبط می شوند. این پیوند ممکن است یک به یک - یک به چند و چند به چند باشند. یک مثال برای پیوند و ارتباط یک به چند، پیوند میان کلیت جز با کلیت عکس می باشد که در آن هر جزئی بیش از یک عکس می تواند داشته باشد ولی هر عکس فقط یک جزء را تعریف می کند. برای مثال رابطه و پیوند یک به یک عبارت است از رابطه میان کلیت های بازدید کننده و ارزش دهی (درجه بندی) که در آن یک بازدید کننده فقط یک درجه بندی از یک جزء پل می تواند ارائه بدهد و هر جزئی فقط یک درجه بندی را داراست.

- الگوبردازی پیوندی (رابطه ای) اطلاعات

الگوبردازی رابطه ای برای سیستم بازرسی اطلاعات تصویری از مدل فرضی ER ایجاد شده که ارتباط آن با بکارگیری فرمت زیرین بیان می شود: (صفت ۱، صفت ۲، صفت n) که در آن صفت هایی که زیرشان خط کشیده شده کلیه ارتباط را نشان می دهد. الگوی ارتباطی به صورت فرم سوم نرمال بهینه سازی شده و شامل ۹ رابطه زیرین می باشد:

شکل (۴) طرح شماتیک ارتباطی و رابطه بین پیوندهای مختلف موجود در پایگاه داده را نشان می دهد.

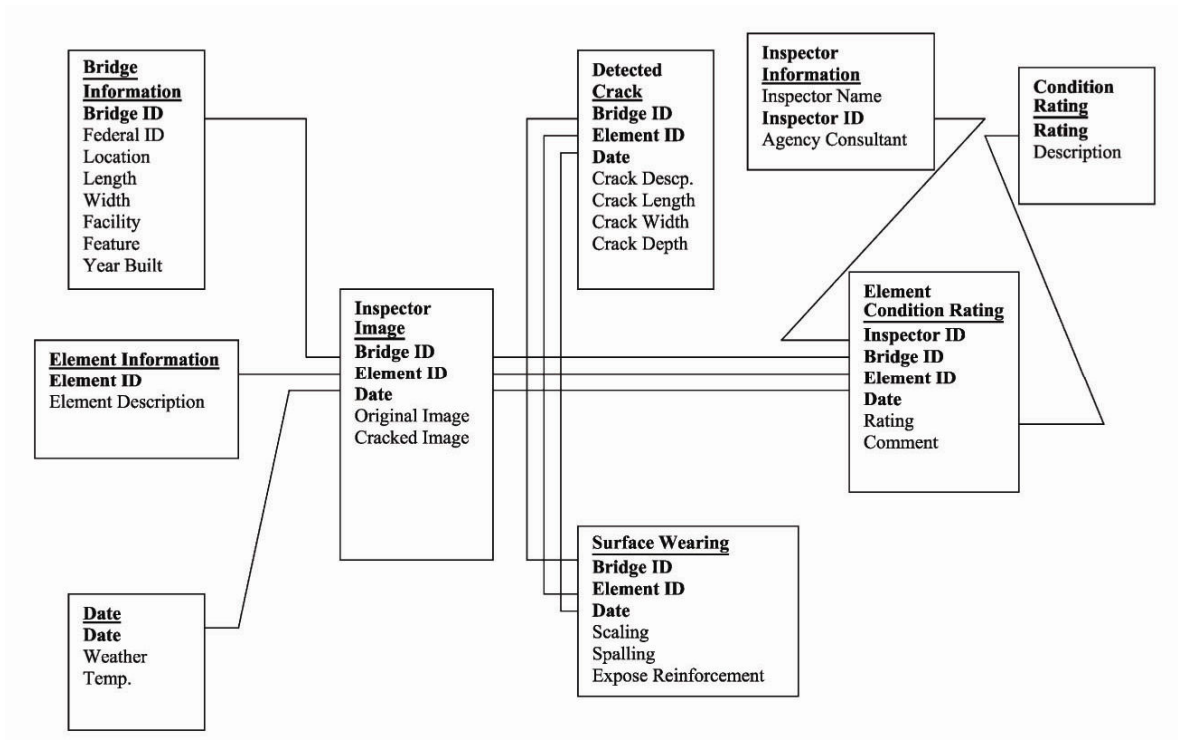


Fig. 4. Database schema design.

- مدل کامپیوتری

برای پیشبرد سیستم اطلاعاتی خودکار، الگوی اطلاعات پیوندی (ارتباطی) با به کارگیری سیستم مدیریتی زبان پرسش های ساختاری^۱ پایگاه داده ها مورد استفاده قرار می گیرد.

¹ SQL

این بکارگیری شامل سه بخش عمده جدول ها، شکل های الکترونیکی و گزارش ها می گردد. بخش جدول ها همان بکارگیری ۹ رابطه ای است که در قسمت ۳-۴ بیان گردید. بخش شکل های الکترونیکی از تعدادی فرم تشکیل شده تا ثبت داده ها و تغییر آن ها را آسان تر نمایند. در شکل ۵ و ۶ فرم های الکترونیکی نشان داده شده است.

Inspector Image Query

Inspector Image Query

Bridge ID: 27 Date: 5/23/2002

Element ID: 14

Original Image

Cracked Image

Inspector Reports

Record: 1 of 3

Fig. 5. Inspector image query form.

Detected Cracks

Detected Cracks

Bridge ID

Element ID

Date

Crack Description

Crack Length

Crack Width

Crack Depth

Record: of 2

Fig. 6. Detected cracks form.

Bridge Inspection Report

Bridge ID	Federal ID	Location	Year Built	Feature	Facility	Length	Width
87	03103021000B02	6 MI E OF FENN	1950	KALAMAZO	M-89	359.90	35.10

Inspector ID	Inspector Name	Agency Consultant
mtdb	Mohammed	WMU

Date			
	<input type="text" value="5/23/2002"/>		

Element ID	Element Description	Rating	Comment
12	Bare Concrete Deck	6	Poor condition
144	Concrete Arch	5	Fair condition
116	Concrete Stringer	6	Fair condition
36	Protected w/AC Overlay Precast Pa	4	Satisfactory condition
48	Protected w/Rigid Overlay Concret	4	Satisfactory condition
22	Protected w/Rigid Overlay Concret	5	Fair Condition
14	Protected w/AC Overlay Concrete	4	Satisfactory condition

Wednesday, October 16, 2002 Page 1 of 1

Fig. 7. Bridge inspection report.

شکل ۵ فرم پرسش تصویری بازدید کننده را نشان می دهد که برای بررسی و مشاهده و تعبیر و تفسیر یک عکس از پل بکار می رود. برای استفاده از این فرم، کاربر باید ابتدا بخش های مربوط به شناسه پل و شناسه جزء و تاریخ را پر نماید، سپس این فرم، ابتدا تصویر اصلی پل و سپس تصویر دارای ترک را که توسط سیستم تعبیر داده ای بازرسی تصویری ارائه شده، نشان می دهد. بعد از آن کاربر می تواند ارزیابی و درجه بندی خود را از وضعیت بخشی از پل که مورد بازرسی بوده با استناد به فرم شکاف و ترک کشف شده اعلام نماید. (شکل ۶)

سرانجام بخش گزارش، از تعدادی گزارش های صادره که بگونه ای بهینه سازی شده اند تشکیل شده است. این اطلاعات ذخیره شده اند تا در سیستم تصویربرداری نمایش داده شوند. یک مثال گزارش که در شکل هفت نشان داده شده است، بنام گزارش بازرسی پل نامیده شده و مواردی همچون شناسه جزء، درجه و رتبه جزء و تعبیر و تفسیرهای موجود برای تمام اجزا را مورد بازدید قرار داده و در تاریخ معین نشان می دهد. این گزارش همچنین، اطلاعات دقیق و جزئی پل و اطلاعات مربوط به بازدید کننده را هم در لیست ثبت می کند. بخش گزارشات قصد دارد نمونه و مثالی از آنچه که سیستم می تواند تامین کند بصورت گزارش نشان دهد.

وقتی که یک الگوی پایگاه اطلاعاتی بهینه سازی شده (شکل سوم نرمال) طراحی و مورد استفاده قرارگیرد کاربران قادر خواهند بود به هر اندازه که مورد نیاز است با تغییر و بررسی داده ها در الگوی پایگاه داده ای ارتباطی گزارش تهیه کنند.

نتیجه گیری

- برای ایمنی و کارائی پل ها و همچنین بازدید از پل در تمام طول عمر آن، استفاده و بکارگیری این ابزار امری حیاتی و ضروری به نظر می رسد. بازرسی بصری که در حال حاضر روش عمده و جاری است، کند بوده و نیز خطرات جانبی را برای شخص بازدید کننده به همراه دارد.

- در این مقاله یک چهارچوب اتوماتیک مبتنی بر تصویربرداری برای بازرسی از پل های بتنی ارائه شده است. سپس، مدل اطلاعاتی استفاده از تصویر، در پشتیبانی از چهارچوب خودکارسازی شده، بگونه ای بهینه سازی شده تا بتواند تکنیک های قابل اعتماد و اتوماتیکی را برای امر ارزیابی وضعیت پل تامین نماید. نظریه اساسی در این مقاله بر این بود تا با بازرسی اطلاعات با استفاده از تکنیک های غیر مخرب پیشرفته همچون تصویربرداری و با طرح الگوی اطلاعات، با BMS های استاندارد همچون PONTIS ها حفظ و نگهداری گردد.

- روش سیستم اتوماتیکی تصویری، میزان ایمنی روند بازرسی را افزایش داده و روش سریع تری را برای بازرسی پل تامین می نماید. همچنین داده های تصویری می توانند به دفعات مورد بازبینی و بررسی مجدد قرار گرفته و مجدداً ارزیابی گردند، زیرا در سیستم ذخیره گردیده اند.

- از آنجائی که هدف نهائی، ایجاد یک مکانیزم برای عکس گرفتن اتوماتیکی و مداوم و تعبیر و تفسیر آنها است، تعداد دفعات بازرسی بطور چشمگیری افزایش می یابد.

- در این مقاله هدف بسط و گسترش دادن گستره ی PONTIS ها می باشد نه جایگزین کردن آنها که این امر موجب می شود تا وقتی که چهارچوب پیشنهادی کامل گردید، توسعه یافت و مورد آزمایش و ارزیابی قرار گرفت، بتواند مورد استفاده ی تمام بخش های حمل و نقل بزرگراه ها باشد. سرانجام، بکارگیری یک الگوی اطلاعاتی فرم سوم ارتباطی، سیستم اطلاعاتی را قابل گسترش می سازد و امکان گسترش بیشتر سیستم را در آینده فراهم می کند بی آنکه نیازی به طراحی دوباره ی شماتیک پایگاه داده باشد.

منابع

1. 1994, Haas R, Hudson WR, Zaniewski J. Modern pavement management . Malabar, FL: Krieger .
2. 2003, Abudayyeh O, Al-Battaineh H. An as-built information model for bridge maintenance. J Comput Civil Eng, Am Soc Civil Eng;17(2).
3. 1985, Gole B. Management vs. crisis reaction. Report. Chicago, IL : American Public Works Association.
4. 2001, Ryall MJ. Bridge management. Oxford: Butterworth-Heinemaz .
5. 2002, Czepiel E. Bridge management systems literature review and search.: Northwestern University BIRL Industrial Research Laboratory. Available at: http://www.iti.northwestern.edu/publications/technical_reports/tr11.html .
6. 1993, AASHTO. Guidelines for bridge management systems. Washington , DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.

7. 1990, Saito M, Sinha C. Data Collection and analysis of bridge rehabilitation and maintenance costs. Transport Res Rec 1276 .
8. 2000, AASHTO. Manual for condition evaluation of bridges. Washington , DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.
9. 1993, Silano L. Bridge inspection and rehabilitation: a practical guide. NewYork, NY: Wiley.
10. June 1990, Lee H. Evaluation of PAVEDEX computerized pavement image processing system in Washington. Proceedings of the Pavement Distress Data Recognition Seminar, Ames, IA .
11. June 1990, Longenecker K. Pavement surface video image work in Idaho Proceedings of the Pavement Distress Data Recognition Seminar , Ames, IA .
12. 2003, Abdel-Qader I, Abudayyeh O, Kelly M. Analysis of Edge Detection Techniques for Crack Identification in Bridges. J Comput Civil Eng Am Soc Civil Eng,17(4).
13. 2002 , MDOT. MDOT form information on-line: Michigan Department of Transportation(MDOT), <http://www.mdot.state.mi.us/webforms/>.