

# نقش کاربرد سامانه پردازشگر تصاویر ویدئویی در بحث مدیریت سوانح تونل‌ها

شهریار افندیزاده<sup>۱</sup>، بهار نمکی عراقی<sup>۲</sup>،

۱- دانشیار دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل‌ونقل دانشگاه علم و صنعت ایران

bahar.namakiaraghi@gmail.com

## خلاصه

تونل‌ها یکی از خطرناک‌ترین مسیرهای رانندگی هستند. دامنه یک سانحه ترافیکی در داخل تونل می‌تواند به سرعت گسترش یافته و تبدیل به یک فاجعه عظیم شود. افرادی که در داخل یک تونل به دام می‌افتند، هیچ شانسی برای فرار ندارند! اهمیت بحث مدیریت سوانح از یک سو و قابلیت‌های سامانه پردازشگر تصاویر ویدئویی در زمینه تنوع و دقت داده‌های جمع‌آوری شده و نیز نظارت مستقیم بر جریان ترافیک از سوی دیگر سبب شده، هر روز مدیران ترافیکی بیشتری در جهان به اهمیت و نقش مدیریت موثر سوانح و ضرورت به کارگیری سامانه‌های پردازشگر تصاویر ویدئویی در این بحث روی آورده‌اند.

کلمات کلیدی: سامانه پردازشگر تصاویر ویدئویی، مدیریت سوانح، تصادفات اولیه، تصادفات ثانویه

## مقدمه

زمان لازم برای تشخیص و شناسایی یک سانحه، یکی از فاکتورهای کلیدی در بحث مدیریت سوانح محسوب می‌شود. از دست دادن هر دقیقه ریسک وقوع سوانح بعدی را افزایش داده و شدیداً زمان مورد نیاز برای پاکسازی صحنه تصادف را افزایش می‌دهد. بحث مدیریت سوانح در تونل‌ها به دلیل محدود بودن فضای داخلی تونل، تهویه تونل، سیستم روشنایی و ... اهمیت بیشتری می‌یابد. چرا که تبعات رخداد یک سانحه در این مکان بسته به مراتب بیشتر از فضای آزاد می‌باشد. شناسایی سریع سانحه و رسیدگی به صحنه تصادف می‌تواند اثرات ناشی از سانحه را کاهش داده و از بروز سوانح بعدی جلوگیری کند. مطالعات صورت گرفته در این خصوص نشان می‌دهد که بین ۲۰٪ تا ۳۰٪ از کل تصادفات ثانویه در طول ۱۰ دقیقه بعد از وقوع تصادف اولیه روی می‌دهند. و در بیشتر مواقع نیز تصادفات ثانویه به دلیل تصادفات اولیه جزئی روی می‌دهند و می‌توان تنها با آگاه ساختن رانندگان عقبی که در حال نزدیک شدن به صحنه تصادف هستند، از بروز چنین حوادثی جلوگیری نمود. [۲]

به کارگیری سامانه شناسگر تصاویر ویدئویی در بزرگراه‌ها، تقاطعات، تونل‌ها و ... نشان داده که این نوع خاص از شناسگرهای ترافیکی به دلیل قابلیت بالا در جمع‌آوری داده‌ها و نظارت مستقیم بر جریان ترافیک می‌تواند زمان لازم برای شناسایی و تشخیص یک سانحه را به طرز چشمگیری کاهش داده و از این طریق ایمنی کاربران مسیر را افزایش دهد.

## نقش سامانه پردازشگر تصاویر ویدئویی در بحث مدیریت سوانح:

وظایف اصلی سامانه‌های مدیریت حمل‌ونقل پیشرفته (ATMS<sup>3</sup>)، نظارت ترافیک، شناسایی سانحه، رسیدگی به سانحه، اطلاع‌رسانی به رانندگان و پاکسازی صحنه تصادف می‌باشد. نظارت ترافیکی می‌تواند با تنظیم سرعت‌های مناسب، و کنترل رمپ‌ها، ظرفیت معابر را برای ترافیک عبوری به بیشینه مقدار خود برساند. این قابلیت از بروز تراکم جلوگیری کرده و یا وقوع و فواصل تکرار آن را به تاخیر می‌اندازد و از سوی دیگر پتانسیل اثرات بعدی آن را کاهش می‌دهد. شناسایی دقیق یک سانحه و تصمیم‌گیری در خصوص اقدامات اصلاحی مناسب، باعث می‌شود تا امکان اطلاع‌رسانی سریع و موثر به رانندگانی که در حال نزدیک شدن به صحنه تصادف هستند فراهم شود. این اطلاع‌رسانی سریع نه تنها بار ترافیکی منطقه را تعدیل می‌کند بلکه احتمال رخداد تصادفات ثانویه را نیز کاهش می‌دهد. در نهایت نیروی انسانی و تجهیزات می‌بایست هر چه سریعتر به محل وقوع سانحه اعزام شوند تا صحنه تصادف را پاکسازی کرده و وضعیت ترافیکی را به حالت عادی برگردانند. این پنج فاکتور، مراحل اساسی در بحث مدیریت موثر و کارای سوانح بوده که

<sup>۱</sup> عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و ترافیک

<sup>۳</sup> . Advance Traffic Management System

به ترتیب در زیر آورده شده است:

- (۱) نظارت ترافیکی - جلوگیری
- (۲) شناسایی سانحه- مدت زمان لازم برای شناسایی سانحه
- (۳) رسیدگی و اقدامات اصلاحی در خصوص صحنه تصادف
- (۴) اطلاع رسانی به رانندگان
- (۵) پاکسازی صحنه تصادف

دوربین‌های VIP امکان مشاهده مستقیم جریان ترافیک را برای کارشناسان ترافیکی در مرکز کنترل و نظارت فراهم کرده و بدین ترتیب تشخیص هر نوع تراکم و یا حالت غیرعادی در جریان عبوری میسر می‌شود. این ویژگی امکان کنترل تطبیقی ترافیک را متناسب با شرایط معبر فراهم می‌سازد [۱]. شناسایی سانحه یکی از مراحل مهم در فرآیند مدیریت سوانح می‌باشد. این نکته بدیهی است که قبل از هر اقدام مدیریتی (مانند اطلاع‌رسانی به رانندگان، معرفی مسیرهای جایگزین، اعزام نیرو به محل سانحه) وقوع یک سانحه و ابعاد آن می‌بایست شناسایی و تأیید شود. برای تضمین موفقیت فرآیند مدیریت سوانح، تشخیص حوادث به محض وقوع آن‌ها، حیاتی است [۲]. در این بین سامانه شناسگر تصاویر ویدئویی به دو روش امکان شناسایی و تشخیص سانحه را برای ناظران ترافیکی فراهم می‌نماید.

(۵) شناسایی مستقیم

(۶) شناسایی غیرمستقیم

شناسایی مستقیم زمانی امکان‌پذیر است که محل وقوع سانحه تحت پوشش تصویری این سامانه قرار داشته باشد. در صورت عدم پوشش تصویری محل حادثه (شناسایی غیر مستقیم)، تشخیص سانحه با اندازه‌گیری پارامترهای ترافیکی چون طول صف، سرعت و سرفاصله جریان عبوری امکان‌پذیر است. به عبارت بهتر، چنانچه تغییرات پارامترهای ذکر شده با وضعیت معمول متفاوت باشد، شناسگر این نوع تغییرات را تحت عنوان یک سانحه و یا گره ترافیکی در نظر می‌گیرد. در شکل‌های (۱) و (۲) نمونه‌های از نحوه شناسایی مستقیم و غیرمستقیم سانحه در شناسگر VIP نشان داده شده است.



شکل ۱- شناسایی مستقیم سانحه توسط شناسگر VIP



شکل ۲- شناسایی غیر مستقیم سانحه بر مبنای تراکم و طول صف توسط شناسگر VIP

هنگامی که یک سانحه شناسایی می‌شود، تصمیم‌گیری در خصوص اقدامات اصلاحی به منظور کاهش اثرات بعدی آن ضروری است. اقدامات اصلاحی مناسب پس از شناسایی سانحه متناسب با ابعاد، محل وقوع، شدت و نوع حادثه، وضعیت جریان عبوری حاضر در صحنه تصادف و ... صورت می‌گیرد. به دلیل قابلیت شناسگر ویدئویی در بحث نظارت، کلیه ملزومات تصمیم‌گیری در خصوص اقدامات اصلاحی مناسب فراهم شده و در نتیجه اتخاذ تدابیر لازم به سریعترین روش امکان‌پذیر است.

اطلاع‌رسانی موثر و سریع به رانندگانی که در حال نزدیک شدن به محل وقوع تصادف هستند، تعداد تصادفات بعدی و نیز بار ترافیکی این منطقه را کاهش خواهد داد. اهمیت این بحث زمانی نمود می‌یابد که مشخص شود بیش از ۵۰٪ تصادفات ثانویه در طول ۱۰ دقیقه بعد از وقوع تصادف اولیه روی می‌دهند لذا با آگاه نمودن رانندگان از طریق تابلوهای پیام متغیر، رادیو و... در این بازه زمانی می‌توان از بروز حوادث بعدی و یا افزایش دامنه یک سانحه به شکلی موثر جلوگیری نمود. اطلاع‌رسانی به رانندگان بخشی از اقدامات اصلاحی محسوب شده که با به کارگیری شناسگرهای پردازشگر تصاویر ویدئویی به سریعترین شکل امکان‌پذیر است.

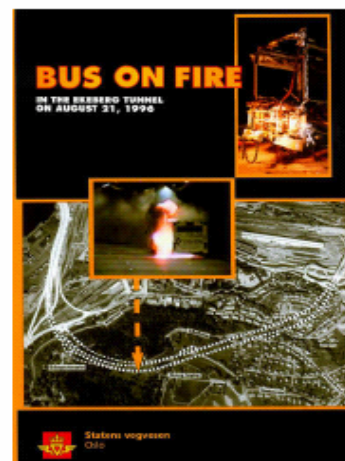
پس از طی مراحل فوق، در نهایت نیروی انسانی و تجهیزات لازم می‌بایست به سرعت برای پاکسازی صحنه تصادف و بازگرداندن جریان به حالت نرمال، به محل سانحه اعزام شوند. اعزام نیروی کارآمد و تجهیزات مناسب و حتی تعیین کوتاهترین مسیر برای رسیدن به صحنه تصادف با به کارگیری شبکه سامانه پردازشگر تصاویر ویدئویی میسر می‌شود.

### نقش سامانه پردازشگر تصاویر ویدئویی در مدیریت سوانح تونل

تفاوت تونل با سایر معابر (آزادراه، بزرگراه، پل و...)، بسته بودن فضا، کمبود نور و روشنایی، ضعیف بودن امکان تهویه هوا و ... می‌باشد. که همین خصوصیات دامنه خسارات جانی و مالی ناشی از وقوع یک سانحه را افزایش داده و گاهی آن را تبدیل به یک فاجعه عظیم می‌نماید. به عنوان مثال در سال ۱۹۹۷ در کشور چین پس از آتش گرفتن یک خودرو در تونل چی‌یانگ، با طول ۱۷۳۰ متر نه تنها امکان فرار برای سرنشینان خودروهای گرفتار در صحنه حادثه فراهم نشد، بلکه دامنه حریق به سایر خودروها نیز کشیده شد. در چنین شرایطی کمک‌رسانی به حادثه دیدگان تونل به دلیل مسدود شدن مسیر و رخداد تصادفات ثانویه برای امداد جاده‌ای در زمان مناسب میسر نشده و متعاقباً در اثر این فاجعه نزدیک به ۳۲ تن از سرنشینان به دلیل خفگی ناشی از دود و از کارافتادن سیستم تهویه جان باختند. مسئولین ترافیکی ذی‌صلاح پس از بازبینی جوانب مختلف حادثه و بررسی علل آن، تاخیر در شناسایی سانحه و عدم اطلاع‌رسانی به رانندگان نزدیک‌شونده به تونل را علت گستردگی دامنه این حادثه و تبدیل آن به یک فاجعه انسانی اعلام نمودند.

در اوت سال ۱۹۹۶ در کشور نروژ یک دستگاه اتوبوس در تونل اکبری<sup>۱</sup> دچار آتش‌سوزی شد. به دلیل از کار افتادن سامانه وضعیت خروج اضطراری، راننده در بازکردن درب جلویی دچار مشکل شده و قادر به خروج از اتوبوس نبود. در این شرایط سامانه شناسگر تصاویر ویدئویی ۳ دقیقه قبل از اینکه راننده اتوبوس بتواند دکمه اعلام خطر را فشار دهد، سانحه را شناسایی کرده و به رانندگان در حال نزدیک شدن به صحنه حادثه در خصوص وقوع سانحه‌ای در تونل با استفاده از تابلوهای اعلام خطر اطلاع‌رسانی نمود.

شکل (۳) سامانه شناسایی سانحه را بر اساس تصاویر ویدئویی که ۳ دقیقه قبل از اعلام راننده، وقوع آتش‌سوزی را شناسایی کرده بودند، نشان می‌دهد.



شکل ۳- سامانه شناسایی سانحه بر اساس سامانه پردازشگر تصاویر ویدئویی

<sup>۱</sup> . Ekebery

جدول ۱- مدت زمان لازم برای تشخیص دود و یا شعله‌های آتش ناشی از انواع وسایل نقلیه مشتعل را با کمک سامانه VIP نشان می‌دهد.

نوع وسیله نقلیه	وسیله نقلیه متوقف شده	دود قابل رویت	اولین شعله‌های دود قابل رویت	آتش
اتومبیل	۰	۳	۵	۸
ون	۰	۵	۸	۱۵
کامیون‌های با موتور احتراقی <sup>۱</sup>	۰	سریع	سریع	سریع
کامیون‌های با نیروی محرکه ترمز <sup>۲</sup>	۰	۱۰	۱۲	۲۰

بر اساس جدول (۱)، در صورت اشتعال یک دستگاه کامیون تنها ۱۰ ثانیه برای تشخیص اولین اثرات دود، زمان لازم است. مشاهده اولین شعله‌های آتش ۱۲ ثانیه و به طور کل تشخیص قطعی آتش‌سوزی کامیون ۲۰ ثانیه به طول می‌انجامد، که این خود کوتاه بودن زمان لازم را برای تشخیص این نوع حادثه خاص را نشان می‌دهد.

مطابق با آنچه گفته شد می‌توان نتیجه گرفت که به‌کارگیری سامانه شناسگر تصاویر ویدئویی در تونل اکبری، توانست از بروز فاجعه‌ای مشابه با تونل چی‌یانگ<sup>۳</sup> جلوگیری نماید. باید توجه داشت که سانحه در یک تونل تنها به آتش‌سوزی منحصر نمی‌شود بلکه هر گونه کندی حرکت، خودروی متوقف، تصادف می‌تواند وضعیتی غیرعادی را در تونل ایجاد کند. بر همین اساس قابلیت شناسگر VIP در شناسایی مستقیم و غیرمستقیم سانحه سبب شده که در بحث مدیریت سوانح از نقش و جایگاهی خاص برخوردار باشد.

### راهکارهایی برای بالا بردن کارایی شناسگرهای VIP در تونل‌ها

در کنار بالابردن کارایی شناسگر VIP حساسیت شدید آن نسبت به عوامل محیطی و ترافیکی، در برخی مواقع سبب شده تشخیص وضعیت موجود با خطا همراه باشد، به عنوان مثال سیستم روشنایی می‌تواند در کیفیت تصاویر ضبط شده، تاثیرگذار باشد. وجود گرد و غبار در فضای داخلی تونل ( به علت حجم بالای تردد وسایل نقلیه و عدم کارایی سیستم تهویه) میدان دید شناسگر VIP را به شدت کاهش داده و در صورت نامناسب بودن ارتفاع نصب بر روی لنز دوربین می‌نشیند.

در رابطه با شناسایی غیرمستقیم سانحه توسط شناسگرهای VIP تاثیر عوامل محیطی و ترافیکی در بروز خطاها برجسته‌تر است و می‌تواند مانع از تشخیص صحیح وضعیت شود به عبارتی گاهی حادثه را شناسایی نکرده و یا به اشتباه شناسایی کند. حال آنکه در روش شناسایی مستقیم سانحه با رعایت استانداردهای موجود در خصوص سیستم روشنایی، سیستم تهویه، ارتفاع نصب ( ۳۰-۴۰ فوت) و ... خطاها به حداقل مقدار خود می‌رسد. سطح وسیع و گسترده کنترل ویدئویی در بحث شناسایی خودکار و مستقیم سوانح با کمک تحلیل‌های همزمان تصاویر دریافتی از دوربین‌هایی که کل مسیر را نظارت می‌کنند، فاکتور بسیار مهمی است. در این فرآیند تحلیل کلیه حالات غیر نرمال جریان ترافیک مانند توقف وسایل نقلیه، وسایل نقلیه کند، تراکم ترافیکی و ... هر یک می‌تواند نشانه‌ای از وقوع یک سانحه و یا احتمال وقوع آن باشد.

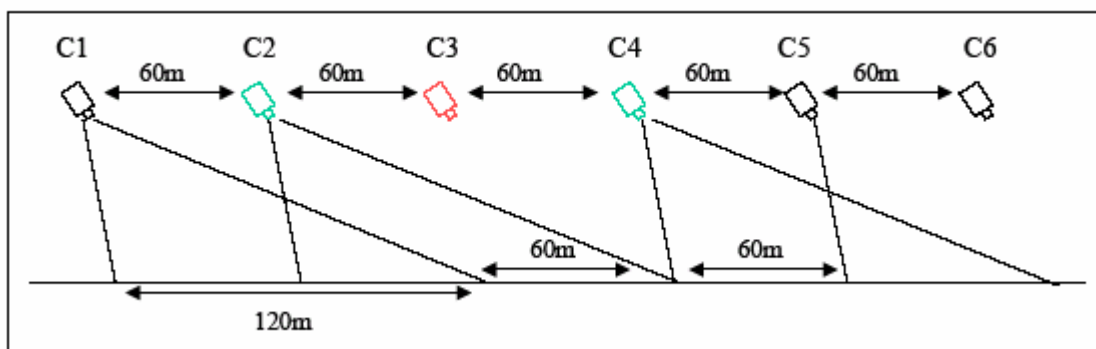
به طور متوسط دوربین‌ها در فواصل بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ متری نصب می‌شوند، اما در رابطه با نصب این دوربین‌ها در داخل تونل، بهترین نتایج در فواصل بین ۷۰ تا ۱۰۰ متری بدست آمده است. از آنجا که در این آرایش، پوشش کامل روی محیط وجود دارد، کلیه سوانح می‌توانند بلافاصله شناسایی شوند. این روش شناسایی بویژه در تونل‌ها، پل‌ها و جاده‌های با حجم ترافیک بالا و تراکم ترافیک در حالت معمول، به کار می‌روند. زمانی که شناسایی ویدئویی مستقیم به دلیل محدودیت‌های بودجه میسر نباشد، روش شناسایی غیرمستقیم می‌تواند جایگزین شود. در روش غیرمستقیم فضاهای بالای ۱۰۰ متر پوشش داده می‌شوند. در این حالت دوربین‌ها در فواصل ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری نصب می‌شوند. پارامترهایی که در این حالت مشاهده می‌شوند، سرعت متوسط مکانی، تغییرات سرعت و سطح اشغال می‌باشند. این داده‌ها می‌توانند برای محاسبه زمان سفر و برآورد آن به کار روند.

تحقیقات نشان می‌دهد افزایش تعداد دوربین‌ها در تونل با هدف پوشش مستقیم تمامی فضا ( مشاهده مستقیم)، به مراتب قابلیت اطمینان بالاتری را در مقایسه با شناسایی غیرمستقیم در بحث مدیریت سوانح ایجاد می‌کند. تا جایی که حتی گاهی اوقات می‌توان با آرایش این دوربین‌ها در فواصل خاص دقت شناسایی را به حدود ۱۰۰٪ رساند. شکل (۴) چیدمان دوربین‌های VIP را در تونل Oresund بین سوئد - دانمارک نشان می‌دهد، نصب دوربین‌ها در فواصل ۶۰ متری سبب شده که هر وسیله نقلیه با ۳ دوربین قابل رویت باشد و در نتیجه این کار دقت شناسایی تا ۹۷٪ افزایش یابد.

<sup>1</sup>. Fire Engine

<sup>2</sup>. Brake Fire

<sup>3</sup>. Chi Yahng



شکل ۴- چیدمان دوربین‌های VIP را در تونل Oresund

#### ارزیابی سامانه پردازشگر تصاویر ویدئویی در بحث مدیریت سوانح

سامانه‌های قدیمی شناسایی و تشخیص سوانح، که بر اساس داده‌های شناسگرهای حلقوی القایی و الگوریتم‌های شناسایی سوانح عمل می‌کنند، به طور نرمال حدود بیش از ۵ دقیقه برای شناسایی سانحه زمان نیاز دارند و در بهترین حالت به دقتی حدود ۸۵٪ در صحت تشخیص یک سانحه رسیده‌اند، مضاف بر اینکه بعد از تشخیص وقوع سانحه می‌بایست صحت و نوع سانحه شناسایی شده و مورد بررسی قرار گیرد که این خود منجر به افزایش بازه زمانی مورد نیاز برای تائید سانحه می‌شود (مدت زمانی حدود ۱۶ دقیقه). بررسی‌های انجام شده در خصوص ارزیابی کارایی شناسگرهای VIP در بحث مدیریت سوانح نشان می‌دهد که سامانه‌های تشخیص سانحه بر مبنای تحلیل سرعت مکانی (روش غیرمستقیم)، سوانح را در کمتر از ۲ دقیقه و با دقت تقریبی بالای ۹۰٪ شناسایی کرده‌اند. از این رو به کارگیری این سامانه توانسته مدت زمان لازم برای شناسایی و کشف سانحه را حدود ۱۴ دقیقه کاهش دهد که این مسئله سبب شده تا تعداد وسایل نقلیه درگیر در صحنه تصادف را به میزان ۲۵٪ و نیز مدت زمان از دست رفته به دلیل تراکم ناشی از سانحه را نیز تا حدود ۲۵٪ کاهش دهد. که همین نکته سرعت دسترسی نیروی‌های امداد جاده‌ای به صحنه تصادف را بسیار بهبود بخشیده است و از این طریق نرخ خسارات ناشی از هر سانحه را تا حدود ۲۰٪ کاهش داده است [۸].

#### نتیجه‌گیری

قابلیت‌های شناسگرهای VIP در بحث نظارت و دقت و تنوع داده‌هایی که توسط این سامانه جمع‌آوری می‌شوند از یک سو و کوتاه بودن مدت زمان لازم برای تشخیص سانحه (در هر دو حالت شناسایی مستقیم و غیرمستقیم) و بالا بودن قابلیت اطمینان به تصاویر بدست آمده از این سامانه، از سوی دیگر سبب شده تا امروزه از آن به عنوان یکی از راه‌کارهای موثر در بحث مدیریت سوانح یاد شود. در این راستا تنها با بالا بردن میزان سرمایه‌گذاری در بحث زیرساخت‌های مورد نیاز در این سامانه (افزایش تعداد دوربین‌ها، بالا بردن کارایی دوربین‌ها و...) می‌توان به سطح دقتی معادل ۹۷٪ دست یافت. و بدین ترتیب می‌توان اطمینان داشت که هر نوع حادثه‌ای را در کمترین زمان می‌توان شناسایی نمود و بدین ترتیب می‌توان پتانسیل اثرات منفی ناشی از تاخیر در شناسایی و تشخیص سانحه را به حداقل ممکن رساند.

#### مراجع

1. American Association of State Highway and transportation Officials (AASHTO) & Institute of Transportation Engineers (ITE), TMDD Center-to Center Concept of Operations and Requirements Standard – DRAFT Final, U.S.A., 2003.
2. Blosseville, J.; Morin, J.; Lohegnies, P. Video Image Processing Application: Automatic Incident Detection Freeways. Proceedings of the Pacific Rim Trans Tech Conference, July 25-28, 1993. (69 76).
3. E. Chung and N. Rosalion, Effective Incident Detection and Management on Freeways ARRB Transport Research Ltd. Research Report No. 327, 4pp, 1999
4. J. Versavel, Video Image Processing Techniques for Traffic Data and Incident Detection: an Overview of potentialities, design principles and results. 3rd International Conference of ITS Australia, 11-14 March 197 Brisbane, Queensland.

5. J. Versavel, Video for Traffic Data - and Incident Detection by Traficon, Proceedings of the ASCE (American Society of Civil Engineers) International Conference, 1998.
6. Yi Wang & V.P. Sisiopiku, Review and Evaluation of Incident Detection Methods, Michigan State University, Proceedings of the 5th World Congress on ITS Seoul, Korea, 1998
7. J.K. Lam & K.K. Tai, Delcan Int. Corporation, Canada, Proceedings of the First International Conference on Tunnel Management, Operation and Maintenance, p335-348, Hong Kong 1996.
8. Jean-Gilles Arnaudet, ESCOTA France, Paper presented at the ITC Tunnel Fires & Escape from Tunnels Conference, Lyon, 1999.
9. K. Ozbay and P. Kachroo Incident Management in Intelligent Transportation Systems, Chapter 4 'Incident Detection', 63pp, 1999