

## طراحی سیستم یکپارچه مانیتورینگ و کنترل حمل و نقل مواد خطرناک

علیرضا اسکانیان

*eskanian.a@gmail.com*

عباس خسروبیگی

*khosrobaigy@midinternet.com*

### چکیده

یکی از معضلات کنونی جهان و به ویژه کشورهایی همچون ایران، با توجه به حوادث متعدد و خسارت‌زای ترافیکی، مسائل ناشی از حمل و نقل مواد خطرناک است. امروزه تکنولوژی به کمک کنترل حمل و نقل اینگونه مواد، اعم از مواد و محصولات نفتی و یا مواد شیمیایی، آمده است. مسئله کنترل حمل و نقل اینگونه مواد از ابعاد مختلف در این مقاله به بحث گذاشته میشود. بکارگیری سیستم یکپارچه ای مبتنی بر سیستمهای GIS و ابزارهایی از قبیل GPS - تلفن همراه - رادیو (بی سیم) و GPRS و ... در مانیتورینگ راههای زمینی، هوایی و دریایی این امکان را فراهم میکند که بتوانیم حمل و نقل مواد خطرناک را به صورت بهینه برنامه ریزی نموده و انجام دهیم و در حد امکان از بروز حوادث ناگوار جلوگیری کنیم. اما فایده بعدی استفاده از سیستمی مبتنی بر ابزارها و تکنیکهای فوق الذکر، مدیریت بحران ناشی از بروز حوادث بوجود آمده در حمل و نقل است. با استفاده از یک سیستم یکپارچه که به منابع اطلاعاتی لازم متصل باشد میتوان در وهله اول بعنوان مثال با ارسال پیامهای فراگیر، از کانالهای متناسب با جغرافیای منطقه و مناسب برای تبادل خبر در زمان واقعی، از بروز حوادث جلوگیری کرد و در وهله دوم پس از بروز حادثه از خسارتهای مالی و خصوصا جانی نیروی انسانی کاست. همچنین میتوان به راحتی وضعیت سیستم حمل و نقل را بصورت شبانه روزی مانیتور کرد. بدیهی است که با ارسال اطلاعات لازم برای افرادی که در حوالی منطقه خطر میباشند، میتوان از ورود آنها به منطقه آلوده جلوگیری کرد و یا افراد حاضر در منطقه آلوده را در جهت صحیح برای خروج از منطقه هدایت کرد.

### کلمات کلیدی

سیستم یکپارچه - مانیتورینگ - کنترل - حمل و نقل - مواد خطرناک

## مقدمه

کشورمان با دارا بودن انواع تولید کننده‌ها و مصرف کننده‌های صنعتی، معدنی، غذایی و خدماتی نیازمند حمل و نگهداری حجم عظیمی از مواد و منابع می باشد که مقادیر معتنا بهی از این مواد و منابع شامل طبقه بندیهای مواد خطرناک که دارای پتانسیل خطرزایی هستند، می باشد. در طبقه بندی مواد خطرناک انواع گوناگونی از کلاس بندیهای مختلف وجود دارد که هر یک بنا به مقتضیات دارای شرایط مختلف نگهداری، بسته بندی، حمل و نقل و جابجایی خاص خود می باشد و هر یک نیز دارای پتانسیلهای خطرزایی مختلفی بوده و در صورت بروز حادثه هر یک توان تولید حادثه‌های مختلفی را دارا می باشد و در سوانح نیز باید شرایط خاص آن را اعمال کرد. در این خصوص با مشکلات، هزینه‌ها، گستردگی و پیچیدگیهای زیادی مواجه هستیم که برخی از این موارد شامل ردیفهای ذیل می باشد:

- ۱- تنوع مواد خطرناک
- ۲- گستردگی و وسعت پتانسیلهای خطرزایی و طبقه بندی آنها
- ۳- گوناگونی و تنوع بسیار زیاد شرایط نگهداری هر ماده
- ۴- گستردگی بسیار زیاد انبارهای نگهداری مواد و شرایط نگهداری بر اساس کلاس بندی و آئین نامه های ابلاغی
- ۵- تنوع بسته بندیهای مختلف برای جابجایی
- ۶- تنوع روشهای حمل و نقل مواد شامل حمل و نقلهای زمینی، هوایی، دریایی که هر یک نیز گوناگونی زیادی دارد
- ۷- گستردگی ناوگانهای حمل و نقل
- ۸- گستردگی و وسعت بسیار زیاد جاده ها خطوط ریلی و آبراهه ها
- ۹- پیچیدگیهای شرایط حمل و نقل توسط ناوگانها
- ۱۰- گستردگی پتانسیل بروز حوادث احتمالی در حمل و نقل
- ۱۱- پیچیدگیها و مشکلات بسیار زیاد در برخورد با حوادث احتمالی
- ۱۲- پخش بودن تیمهای متخصص و مواد و تجهیزات مورد نیاز برخورد با حوادث
- ۱۳- لزوم استمرار حمل و نقل مواد
- ۱۴- پیش بینی های تهیه و نگهداری منابع ذخیره احتمالی مواد
- ۱۵- بهینه سازی هزینه ها و استفاده از مواد
- ۱۶- بهینه سازی جابجایی ها و جلوگیری از جابجایی های غیر ضروری مواد خطرناک

## لزوم ایجاد سیستم مونیتورینگ و کنترل حمل و نقل مواد خطرناک

همانگونه که مشاهده می شود حمل و نقل و نگهداری مواد بالاخص مواد خطرناک دارای پیچیدگیها، مسائل، مشکلات و شرایط خاص خود می باشد که ما را ملزم می نماید جهت بهینه سازی این امر، مانیتورینگ و کنترل همه جانبه‌ای با در نظر گرفتن انواع خصایص مواد و پیش بینی های لازم را انجام دهیم. با بهره گیری از یک سیستم مانیتورینگ و کنترل مبتنی بر آخرین تکنولوژیهای روز می توان بر نحوه حمل و نقل نظارت نمود و پردازشهای اطلاعاتی را

بر روی داده های موجود انجام داد و کنترل‌های لازم را در آن اعمال نمود و در موارد لازم تصحیحات و فرامین متناسب با نوع کار و موقعیت جغرافیایی و احيانا حادثه‌ی به وقوع پیوسته را اعمال نمود و یا مسیرهای بهینه و کم خطررا انتخاب و به ناوگان اعلام نمود.

### **مزایا و معيب سيستم مونيتورينگ و كنترل**

بكارگيري اين سيستم داراي مزايای می باشد که بصورت خلاصه به شرح ذیل می باشد:

۱. داشتن اطلاعات بهنگام و online از حمل و نقل و چگونگی انتقال
  ۲. داشتن اطلاعات و گزارشات مختلف مسیر و مواد
  ۳. اخذ اطلاعات ترافیکی
  ۴. اخذ اطلاعات ایمنی حمل و نقل
  ۵. اخذ اطلاعات تیمهای برخورد با حوادث
  ۶. اخذ اطلاعات تجهیزات و مواد برخورد با حوادث
  ۷. جلوگیری از بروز سوانح
  ۸. کنترل مناسب ناوگان و کنترل مناسب حمل و نقل مواد
  ۹. گزارش مسیرهای ایمن به ناوگان
  ۱۰. گزارش مسیرهای جایگزین به ناوگان
  ۱۱. گزارش مسیرهای دارای پتانسیل خطر به ناوگان
  ۱۲. اخذ اطلاعات بهنگام و online از سوانح
  ۱۳. پاسخگویی و واکنش سریع به سوانح
  ۱۴. اطلاع رسانی مناسب در سوانح به گروهها، رسانه ها و تیمهای مخاطب
  ۱۵. بهبود برخورد با سوانح و حضور بموقع و مناسب تیمهای برخورد با حوادث و تجهیزات و مواد مربوطه
  ۱۶. جلوگیری از انجام کارهای موازی
  ۱۷. ایجاد یکپارچگی در عملیات
  ۱۸. جلوگیری از انجام نا ایمن عملیات انتقال
  ۱۹. استمرار عملیات انتقال
- از معایب این سیستم می توان به هزینه بری ایجاد آن و زمان زیاد لازم برای ایجاد سیستم اشاره کرد .

## سیکل طراحی سیستم

طراحی این سیستم دارای چرخه‌ی ۸ مرحله‌ای می باشد که عبارتند از:

۱. آنالیز نیازمندیها، شناخت و شرح عملکرد دقیق و جزء به جزء جهت کاربردهای مختلف و وظایف سیستم شامل اینکه به چه اطلاعاتی و از کدام مراجع و منابع نیاز است و کارآیی های سیستم چگونه باشد و چه نوع مونیتورینگ و کنترلی در آن مد نظرو چه کاربردهایی از آن انتظار داریم و به چه مراکزی باید متصل بود و منابع ورود اطلاعات کجا می‌باشند و اطلاعات خروجی را به کجاها بایستی ارسال کنیم؟

۲. در این مرحله باید اطلاعات مختلفی جهت سیستم جمع آوری، استاندارد سازی و یکپارچه شود. برخی از این اطلاعات شامل موارد ذیل می باشد :

۱.۲. اخذ اطلاعات انواع مواد و طبقه بندیهای آنها و چگونگی و شرایط نگهداری و حمل آنها

۲.۲. اخذ اطلاعات مکانهای نگهداری و انبارهای ذخیره مواد

۳.۲. اخذ اطلاعات نوع پتانسیل خطر ایجاد شده مواد و چگونگی تخمین حجم و میزان سوانح در حوادث احتمالی

۴.۲. اخذ اطلاعات چگونگی برخورد با حوادث احتمالی و چگونگی واکنش در انواع حوادث و پتانسیلهای خطر

گوناگون

۵.۲. اخذ اطلاعات سیستمهای دیگر حمل و نقل و انتقال بطور مثال خطوط لوله های نفت و گاز

۶.۲. اخذ اطلاعات نوع و تعداد ناوگانهای موجود و تحت سرپرستی

۷.۲. اخذ اطلاعات مکانهای مبدا و مقصد مواد

۸.۲. اخذ اطلاعات پراکندگیها و تراکم حمل و نقل، اولویتها و درجه اهمیت انتقال

۹.۲. اخذ اطلاعات راهها، جاده ها، آبراه ها و خطوط هوایی و مناطق دارای خطر

۱۰.۲. اخذ اطلاعات نیروها و تیمهای واکنش و برخورد با حوادث شامل تیمهای متخصص، نوع تجهیزات و مواد

مورد نیاز

۱۱.۲. اخذ سایر اطلاعات مورد نیاز سیستم

۱۲.۲. اخذ اطلاعات از سیستمهای سنجش از دور

۳. در این مرحله باید استاندارد کدگذاری مواد و محموله ها و روش آن مورد بررسی قرار گیرد و سیستم

مناسب تشخیص مواد و محموله ها انتخاب شود در این مرحله از چند روش شناسایی جهت تشخیص مواد مورد حمل و نوع پتانسیل خطرزایی آنها می توان استفاده کرد که شامل موارد ذیل است:

۱.۳. کدهای شناسایی ملی و بین المللی

۲.۳. روشهای نوشتاری مستقیم محموله ها بر اساس آیین نامه های ابلاغی

۳.۳. روش بارکدگذاری محموله ها

۴.۳. روش استفاده از تکنولوژی RFID

روشهای کد شناسایی، نوشتاری مستقیم و بارکد، روشهای شناخته شده و مشخصی هستند که نیاز به توضیح

ندارد. در روش RFID میتوان به محموله ها و ناوگانها برچسب RFID الصاق و نصب نمود که اطلاعات این برچسبها یا

تنگها از فواصل مختلفی توسط تجهیزات RFID Reader قابل دریافت می باشد و می توان با توجه به کاربرد و نوع تنگها استفاده های گوناگونی از آنها به عمل آورد و اطلاعات ذیقیمت دیگری از قبیل نوع محموله، شماره ناوگان، شماره محموله، نوع و پتانسیل خطرزایی، نوع واکنش در سوانح احتمالی را در آنها ذخیره و بازیابی نمود.

۴. در این مرحله می بایست نوع اطلاعاتی که نیاز است بصورت online اخذ شود، چگونگی ارتباط با ناوگانها و جمع آوری اطلاعات از طریق سیستمهای مختلف با توجه به موارد مختلف نیازهای سیستم مورد بررسی و کارشناسی قرار گیرد که با توجه به اهمیت کار و هزینه های آن می توان از سیستمها، تجهیزات و روشهای مختلفی استفاده کرد. در این مرحله از سیستمی مشابه اسکادا SCADA و تلمتری می توان استفاده نمود.

بصورت موردی سیستم انتقال توسط ناوگان خودرویی شرح داده می شود:

- در این سیستم در درجه اول نیازهای اطلاعاتی که در مرحله قبل اخذ شده مورد بررسی قرار می گیرد.
- در این مرحله نوع داده های مورد نیاز جهت انتقال بر اساس اولویتها، منابع و درجه اهمیت مشخص و انتخاب می شود که بطور مثال می توان به اهمیت انتقال داده های وضعیت خودرو، داده های وضعیت بروز حوادث احتمالی مثلا "تصادف احتمالی یا واژگونی خودرو اشاره نمود.
- سیستمهای جمع آوری اطلاعات مناسب آن مشخص می شود که بر اساس نوع مواد، طبقه بندی آنها، شرح پتانسیل خطرزایی آنها و موارد مختلف دیگر با یکدیگر متفاوت می باشند. بطور مثال در خودروهای حمل مواد رادیو اکتیو به سنسورهای گایگر که نشانگر نشت مواد رادیو اکتیو است نیاز می باشد یا در مواد اشتعالزا به سنسورهای آتش یاب یا گرمایاب نیاز است. البته همانگونه که گفته شد استفاده از این سیستمها و جمع آوری اطلاعات بر اساس داده های اخذ شده مختلف مرحله قبل صورت می گیرد و شاید با توجه به موارد مختلف نیاز به استفاده از این نوع اطلاعات نباشد. از موارد دیگر که کاربرد بسیار گسترده ای در سیستم دارد شناسایی موقعیت و حرکت ناوگان می باشد که با استفاده از دستگاههای GPS این مورد انجام می شود. از عمده موارد دیگر استفاده از سیستمهای شوک سنسور یا سنسورهای واژگونی داخلی یا خارجی خودرو و سنسور تعیین وضعیت جهت اطلاع رسانی ONLINE از بروز حادثه و سوانح می باشد. همچنین میتوان از RFID فعال استفاده کرد که به محض وقوع حادثه به طور اتوماتیک وضعیت را به RFID Reader گزارش کند.



شکل ۱: حادثه ای که منجر به ترافیک شده است

- حال با در نظر گرفتن موارد قبل نیازهای ارتباطی سیستم جهت مونیتر کردن و ارائه اطلاعات به مرکز کنترل و اخذ اطلاعات باید مورد بررسی و سپس انتخاب قرار گیرد که بسته به شرایط حاکم و وضعیتهای متنوع و گوناگونی که وجود دارد از سیستمها و تجهیزات مختلفی می توان استفاده نمود که باید با توجه به اهمیت موضوع و اوایت بندی هایی که وجود دارد و در نظر گرفتن هزینه بری سیستمها و حجم مبادلات و محموله ها سیستم بهینه را مشخص و انتخاب کرد. برخی از این سیستمها به شرح ذیل می باشد:
- ۱ - انتقال اطلاعات از طریق شبکه های موبایل موجود بصورت ارتباط مستقیم: مشکل موجود در این روش وجود نقاط کور در آنتن دهی شبکه های موبایل می باشد. در صورت وجود شبکه های متعدد موبایل در منطقه، مشکل استفاده از این روش، بدلیل میزان پوشش بیشتر مجموع شبکه ها، تقلیل می یابد.
- ۲ - انتقال اطلاعات از طریق پیام کوتاه SMS از شبکه های موبایل موجود: در این روش نمیتوان تضمین کرد که انتقال اطلاعات real time می باشد.
- ۳ - انتقال اطلاعات از طریق سیستم GPRS یا اینترنت از شبکه های موبایل موجود: برخی از شبکه های موبایل، فاقد سیستم GPRS می باشند یا به عبارت دیگر GPRS در برخی شبکه های موبایل فعال نیست.
- ۴ - انتقال اطلاعات از طریق شبکه های رادیویی و بی سیم: مشکل عدم وجود پوشش در برخی نقاط در سیستم مبتنی بر این روش نیز وجود دارد.

- ۵ - انتقال اطلاعات از طریق خطوط دیتای شرکت مخابرات
- ۶ - انتقال اطلاعات از طریق شبکه های رادیویی ترانک که دارای قابلیت های متنوع و گوناگونی می باشد
- ۷ - انتقال اطلاعات از طریق واسطه های ثابت ماهواره ای و شبکه موبایل
- ۸ - انتقال اطلاعات از طریق واسطه های ثابت رادیویی و شبکه موبایل
- ۹ - انتقال اطلاعات از طریق شبکه تلفن های ماهواره ای THURAYA و IRIDIUM
- ۱۰ - انتقال اطلاعات از طریق لینک های ماهواره ای شامل سیستم های VSAT و INMARSAT
- لازم به ذکر است که در برخی مناطق جغرافیایی برای اطمینان از انتقال اطلاعات و فرامین به صورت real time (در زمان واقعی) ممکن است مجبور به استفاده از تلفیقی از کانال های ارتباطی فوق الذکر باشیم.
۵. در این مرحله اطلاعات مورد نیاز که از طرق گوناگون ارسال می شوند می بایست جمع آوری شده به شکل استاندارد تبدیل شده و به سیستم تغذیه شود. در این بخش می بایست طراحی های لازم را جهت انجام بهینه کار انجام داد.
۶. در این مرحله که از مهمترین قسمت های سیستم می باشد باید با استفاده از نرم افزارها و ابزارهای گوناگون، پردازشها و فرآوردیهای مورد نیاز بر روی داده های جمع آوری شده انجام داد و اطلاعات مورد نیاز توسط آن تولید شده و به مقاصد گوناگون ارسال شود. در این سیستم با توجه به اینکه نیاز به داده های مکانی می باشد بستر کار GIS است و از ابزارهای گوناگون آن در انجام این عملیات استفاده می شود و با لینک نرم افزارهای خاص می توان پردازشهای دیگری که در GIS مشکل بوده و یا توانایی انجام آن را ندارد را نیز انجام داد.
۷. در این مرحله مونیترینگ حمل و نقل توسط GIS و نرم افزارهای دیگر انجام شده و حتی می توان شبکه حمل و نقل را از هر نقطه جهان با توجه به سطح دسترسی های تعریف شده مشاهده کرد و حتی این کار را از طریق دستگاه های تلفن همراه موجود انجام داد.
۸. در مرحله کنترل پس از پردازش های مورد نیاز سیستم که شامل آنالیزهای مختلفی می باشد اطلاعات و داده های خروجی تهیه و تولید شده و عکس العمل های مورد نیاز تولید شده و از طریق سیستم های انتقال این اطلاعات که دارای گوناگونی زیادی می باشد به مراکز، تیمها و ناوگان های مورد نظر ارسال می شود که از نمونه های این اطلاعات می توان به فرامین کنترل مسیر خودروها، انتخاب مسیرهای ایمن و کوتاه، فرامین کاهش سرعت به ناوگان های خودرویی، فرامین و اطلاعیه ها به تیم های کارشناسی برخورد با سوانح، کنترل ناوگان دریایی و هوایی اشاره نمود.

## نتیجه گیری

همانگونه که پیش بینی می شد، بکارگیری فناوریهای نوین و استفاده از سنسورها و مبدل‌های متنوع امروزی در تشخیص وضعیت های مرتبط با حمل و نقل مواد خطرناک، اعم از وضعیتهای جغرافیایی، آب و هوایی و احتمالا وقوع حوادث، میتواند به مانیتورینگ و کنترل حمل و نقل اینگونه مواد کمک شایانی نماید. از طرف دیگر وجود کانالهای متعدد ارتباطی موجود و امکان ایجاد ارتباط آسان بین این کانالها - که ایجاد یک سیستم مجتمع بهره ور از تلفیقی از کانالهای ارتباطی را میسر نموده است- باعث میشود که تبادل داده های موجود در سیستم متمرکز مانیتورینگ و کنترل حمل و نقل مواد خطرناک به سهولت صورت بگیرد و همچنین به آسانی و با سرعت مناسب سیستمهای real time بتوان فرمانهای کنترلی و پیامهای هشدار دهنده را در سیستم مذکور به جریان انداخت. بدیهی است با استفاده از این امکانات میتوان در مواقع لزوم (مثلا لغزندگی جاده ها) به عنوان مثال سرعت حرکت وسایل حمل و نقل مواد خطرناک را کنترل نمود تا از وقوع حوادث ناگوار - که اغلب منجر به ایجاد ضایعات فراوان مالی، انسانی و زیست محیطی می شوند- جلوگیری کرد. بدیهی است طراحی، ایجاد و پیاده سازی و عملیاتی نمودن چنین سیستم روزآمد و کارآمدی، نیاز به طی مراحل لازم و تامین هزینه های مورد نیاز برای تهیه بسترهای سخت افزاری، کانالهای ارتباطی و نرم افزارهای مورد نیاز سیستم دارد. با توجه به روند روبه رشد پوشش شبکه های مختلف ارتباطی، بکارگیری آنها به منظور ایجاد چنین سیستمی سهل الوصول می نماید. قطعاً عزم مدیریتی مدیران لایق در کشور (مخصوصاً در سال نوآوری و شکوفایی) می تواند پشتوانه قوی برای ایجاد و توسعه چنین سیستمهایی در کشور باشد و موانع پیش رو را بردارد.

به امید بکارگیری چنین سیستمهای پیشرفته ای در کشور به زودی انشاءالله



## مراجع و مراجع

- [1] "Guidance on the transportation of hazardous substances", <http://www.st-andrews.ac.uk/staff/policy/Healthandsafety/Publications/TransportofHazardousSubstancesGUIDANCE/> {online}
- [2] BUTTON K.J., HENSHER D.A., "Handbooks in transport", Lavoisier librairie, 2005-07
- [3] "Import / Export of Hazardous Chemicals - Safe Transportation", UN Orange Book, 2001
- [4] Keith Smith, "Environmental Hazard: Assessing Risk and Reducing Disaster", Routledge, 2001
- [5] Cova, T.J. and Conger, S. "Transportation hazards, in Transportation Engineers", M. Kutz (ed.), 2004