طراحی نرم‌افزار مبتنی بر مهندسی دانش جهت مدیریت تونل در شرایط برخط

شادی آب پیکر*
دانشجوی دکتری، دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
پست الکترونیک:
Shadi.a@aut.ac.ir

مهدی قطعی
استادیار، دانشکده ریاضی و علوم کامپیوتر و پژوهشکده حمل و نقل و سیستم‌های هوشمند، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

استفاده بهینه از تجهیزات حمل‌ونقل در کشورهای پیشگام حمل‌ونقل هوشمند امری حائز اهمیت می‌باشد. تونل‌ها یکی از ساختارهای حمل‌ونقل می‌باشند که شامل انواع مختلفی از سیستم‌های هوشمند نظیر جت‌فن‌ها، چراغ‌های ال-ای-دی دوربین‌های نظارت تصویر و ... می‌باشند. وجود یک اتاق کنترل جهت مدیریت این سنسورها، تصمیم‌گیری در شرایط مختلف را تسریع می‌بخشد. در این مقاله به تشریح نحوه عملکرد این اتاق کنترل جهت مدیریت سیستم‌های هوشمند درون تونل پرداخته شده است و بر اساس دیدگاه های مهندسی دانش، به استخراج تجربیات در مدیریت تونل اقدام شده است. این تجربیات به عنوان پایگاه دانش یک سیستم خبره تبدیل شده و از آن برای مدیریت تونل استفاده می‌شود. در بخش مهندسی دانش الگوریتم‌های یادگیر به طور مداوم در حال اجرا هستند و ضمن استخراج تجربه، گزارش‌هایی را جهت تحویل به مدیریت تونل فراهم می‌آورند. در نهایت درخت نیوبیز در کمترین زمان ممکن و بیشترین دقت بهترین نتیجه را روی ارزیابی انجام شده روی تونل نیایش ارائه داده است.

واژگان کلیدی: سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، الگوریتم‌های یادگیر، مهندسی دانش، مدیریت تونل.

۱- مقدمه

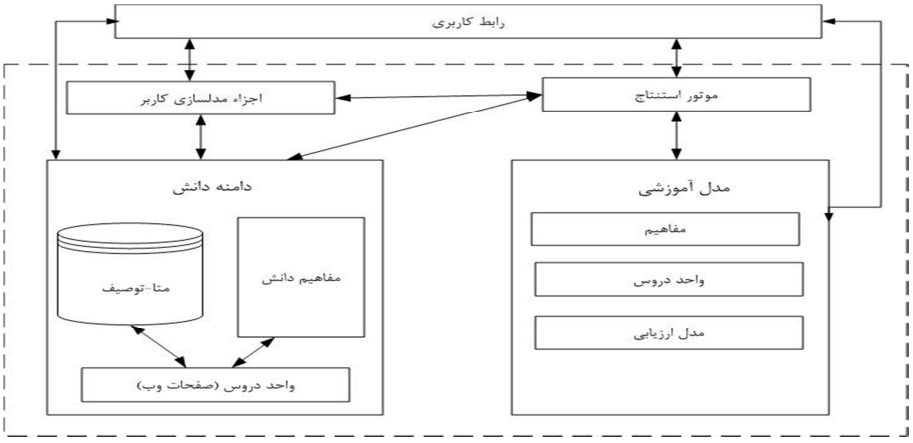
سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند امروزه به عنوان یکی از مسائل مطرح در زمینه حمل‌ونقل در کشورهای مختلف دنیا می‌باشند. جمع‌آوری اطلاعات در سیستم‌های حمل‌و-نقل هوشمند توسط سنسورهای هوشمند انجام می‌پذیرد و در نهایت اطلاعات به دست آمده از این سنسورها با بهره‌گیری از روش‌های هوشمند پردازش اطلاعات، جهت استفاده بهینه و تصمیم‌گیری کارآمد در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند قابل استفاده قرار می‌گیرند [۱ و ۲].

تونل یکی از ساختارهای حمل‌ونقل می‌باشد که به علت محیط بسته‌ای که دارد بسیار پرمخاطره می‌باشد. با توجه به بسته بودن و نیز وجود انواع مختلف سنسورها در محیط تونل باید تمهیدات ویژه‌ای جهت به‌کارگیری بهینه سنسورهای درون تونل انجام پذیرد. در حقیقت برنامه-ریزی جهت استفاده بهینه از تجهیزات درون تونل نظیر جت فن‌ها، چراغ‌های ال- ای- دی و سایر تجهیزات تونل می‌تواند تا حد زیادی از شدت مخاطرات داخل این ساختار بکاهد و همچنین تصمیم‌گیری در شرایط مختلف را تسریع بخشید؛ به علاوه دقت تصمیمات اتخاذی را بالا ببرد. از طرفی همواره باید تمهیداتی صورت پذیرد که به موجب آن از افزایش تراکم در داخل تونل و توقف خودروها در این ساختار جلوگیری شود [۳-۶].

مهندسی دانش به عنوان یکی از زیرساختهای سیستمهای خبره با قابلیت پردازش بهینه اطلاعات و داده‌های به دست آمده از سنسورهای حمل‌ونقل هوشمند همواره مورد توجه بوده است. روش‌های مهندسی دانش در طراحی سیستم‌های تصمیم‌یار جهت برنامه ریزی حمل‌ونقل [۷] و همچنین طراحی سیستم‌های تصمیم‌یار

* نویسنده مسئول

جهت مدیریت حمل‌ونقل عمومی [۸]، از جمله کاربردهای این روش در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند می‌باشد . سیستم‌های خبره و مبتنی بر مهندسی دانش در زمینه-های مختلف اتخاذ تصمیمات هوشمندانه بسیار پرکاربرد هستند. ۱۰ نمونه‌ای از یک سیستم خبره جهت ارزیابی و اخذ دروس را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- نمونه ای از یک سیستم خبره

انواع روش‌های مهندسی دانش نظیر روش‌های داده کاوی[1]، الگوریتم‌های یادگیر[2]، سیستم‌های تصمیم‌گیر[3] و بسیاری موارد این چنین می‌توانند قابلیت اطمینان تصمیمات اتخاذی سیستم های خبره را بالا ببرند. به عنوان انواع مختلف روش‌های مهندسی دانش استفاده از الگوریتم‌های هوشمند نظیر درخت تصمیم[4] [۹]، شبکه‌های عصبی[5][۱۰ و ۱۱] و شبکه‌های بیزین[6] [۱۲]، در تحلیل داده‌های حمل‌ونقل هوشمند و نیز تصمیم‌گیری بهینه در شرایط بحرانی تا کنون بسیار مورد توجه بوده است. وجود اتاق کنترلی که الگوریتم‌های یادگیر به طور مداوم در بخش مهندسی دانش آن در حال اجرا هستند، جهت مدیریت سنسورهای درون تونل می‌تواند تا حد زیادی هدف تصمیم‌گیری در شرایط مختلف و استفاده کارآمد از سنسورهای تونل را ارضا نماید. در این مقاله در بخش اول به توصیف انواع سنسورها و سیستم‌های حمل-ونقل درون تونل پرداخته شده است. بخش دوم به تشریح اتاق کنترل جهت مدیریت سنسورهای درون تونل را تشریح می‌کند. در بخش سوم بخشی از این اتاق کنترل که به مدیریت خودروها در زمان بروز سانحه در درون تونل می‌پردازد، توصیف شده است. در نهایت بخش آخر شامل نتایج به دست آمده می‌باشد.

۲- اتاق کنترل تونل و نقش مهندسی دانش

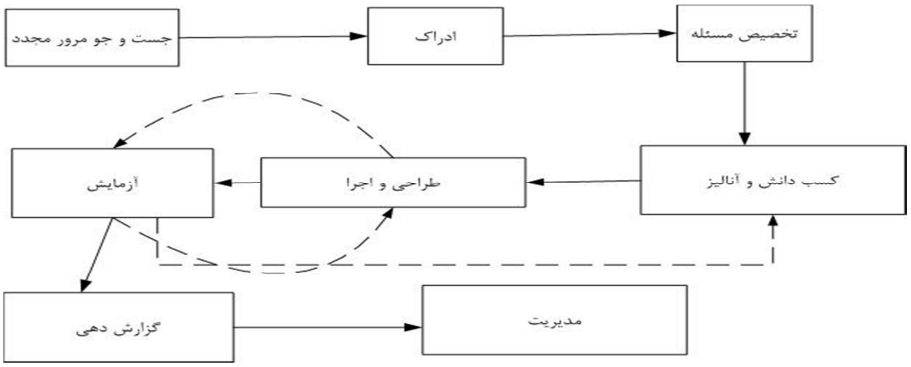
داده‌های تولید شده توسط هر یک از سنسورهای دورن تونل نیاز به تحلیل و آنالیز دارد تا در نهایت بهترین تصمیم جهت استفاده از تجهیزات موجود اتخاذ شود. در صورتی که استفاده از تجهیزات و سنسورهای موجود، پویایی نداشته باشد و به عبارتی با تغییر شرایط مختلف عملکرد این تجهیزات تغییر نیابد، هیچ استفاده مفیدی از این تجهیزات انجام نگرفته است و بنابراین پول و سرمایه صرف شده از بین خواهد رفت. سه مورد از مهم‌ترین اهداف استفاده کارآمد از تجهیزات حمل‌ونقل عبارتند از:

- تسریع در تصمیم‌گیری و مدیریت سریع‌تر
- افزایش ایمنی
- کاهش خسارات

تحلیل داده‌ها به منظور بهترین استفاده از سنسورها می‌تواند با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی یا بر اساس

[1] Data mining
[2] Learnable algorithm
[3] Decision support systems
[4] Decision Tree
[5] Neural networks
[6] Bayseian networks

تجارب به دست آمده در شرایط مشابه گذشته به دست آید و در نهایت مجموعه‌ای از داده‌ها و تصمیمات اتخاذ شده جهت تصمیم‌گیری در شرایط جدید در اختیار قرار دهد. بنابراین جهت استفاده کارآمد از سنسورهای درون تونل جهت دستیابی به اهداف بیان شده نیاز به طراحی اتاق کنترلی داریم که الگوریتم‌های یادگیر به طور مرتب در آن اجرا شوند و براساس داده‌های ارسالی توسط این سنسورها، شرایط حاکم بر محیط و بهره‌گیری از داده‌های زمان گذشته، قادر به تصمیم‌گیری سریع در خصوص نحوه عملکرد صحیح این سنسورها باشند. تحلیل اطلاعات زمان گذشته و داده‌های به دست آمده توسط سنسورها نیاز به مهندسی دانش دارند. در ادامه فرآیند مهندسی دانش در ۲۰ قابل مشاهده است. مطابق آنچه در این شکل شرح داده شده است، در مهندسی دانش ابتدا به جست و جو و درک مسئله پرداخته می‌شود، سپس مسئله شناسایی شده جهت آنالیز تخصیص داده می‌شود. پس از آنالیز مسئله، به طراحی مسئله و آزمایش نتایج پرداخته می‌شود و در صورت صحت نتایج، گزارشات مورد نیاز مدیران را در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد. در غیر این صورت تا زمانی که صحت نتایج به دست آمده تایید نشود مرحله آنالیز، طراحی و اجرا و آزمایش نتایج حاصل از طراحی ادامه می‌یابد.

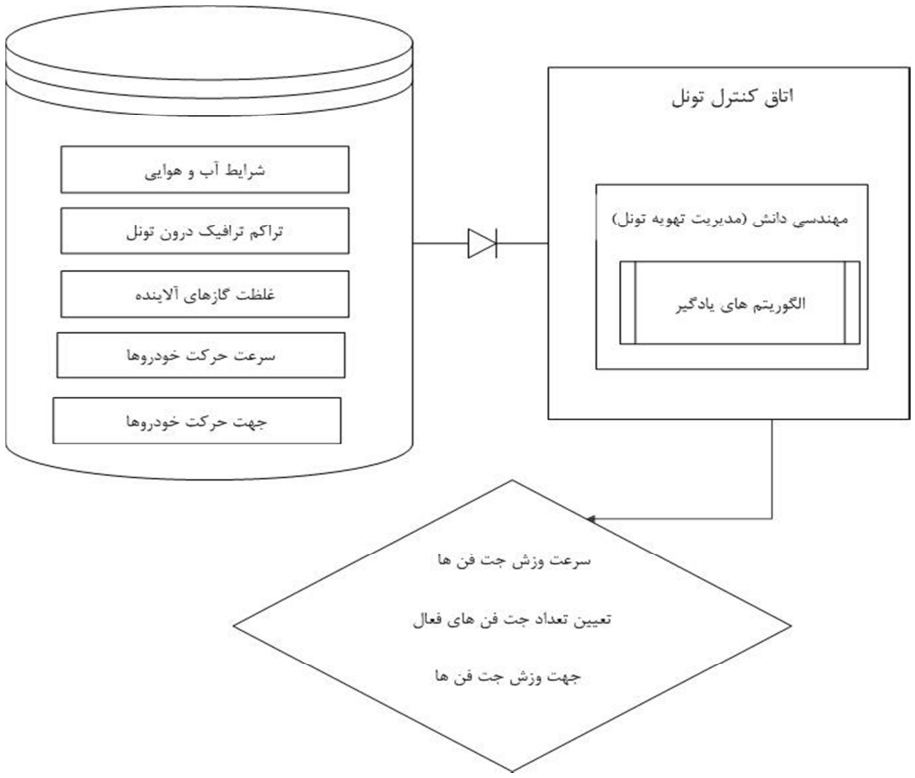


شکل ۲- فرآیند مهندسی دانش

در فرآیند مهندسی دانش که توسط الگوریتم‌های یادگیر انجام می‌گیرد، به دنبال این موضوع هستیم که در سریع‌ترین زمان ممکن دقیق‌ترین تصمیمات اتخاذ شوند. جهت طراحی اتاق کنترل تونل نیز در بخش طراحی و اجرا همواره الگوریتم‌های یادگیر در حال اجرا هستند تا صحت نتایج از لحاظ دقت و زمان پردازش تایید شود و سپس گزارشات نهایی جهت اتخاذ تصمیم در زمینه مدیریت تونل در اختیار مدیران قرار گیرد و جهت پیاده-سازی به کاربران ابلاغ شود.

برخی از آنالیزها براساس تجربه های زمان گذشته یا تحلیل داده‌های سنسورها و همچنین بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیر در اتاق کنترل تونل عبارتند از:

مدیریت تهویه درون تونل. اطلاعات مربوط به شرایط آب‌وهوایی، تراکم ترافیک موجود در تونل، میزان گازهای آلاینده در داخل تونل، سرعت و جهت حرکت خوردوهای موجود در تونل به اتاق کنترل تونل ارسال می‌شوند. این اطلاعات به همراه داده‌های زمان گذشته جت فن‌های تونل وارد بخش مهندسی دانش اتاق کنترل تونل می‌گردند و در نهایت با اجرای الگوریتم‌های یادگیر بر روی این داده‌ها و پردازش آنها در زمینه تعداد جت فن‌هایی که نیاز است فعال شوند و نیز سرعت و جت وزش آنها و همچنین مدت زمانی که باید فعال باشند، در کمترین زمان ممکن تصمیم‌گیری می‌شود. ۳۰ فرآیند اتخاذ تصمیم در زمینه فعال شدن جت‌فن جت‌فن‌های درون تونل در شرایط متفاوت را نمایش می‌دهد.

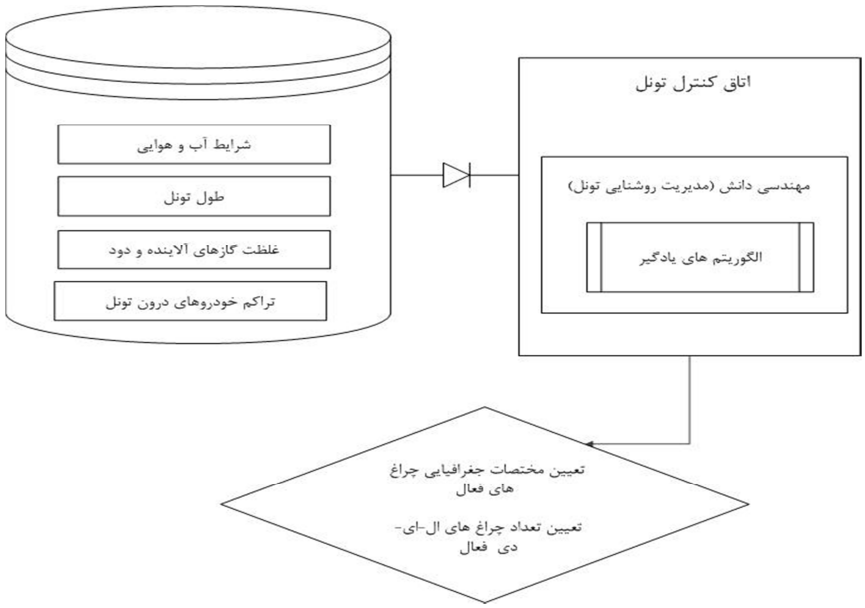


شکل ۳- دیاگرام مدیریت تهویه تونل

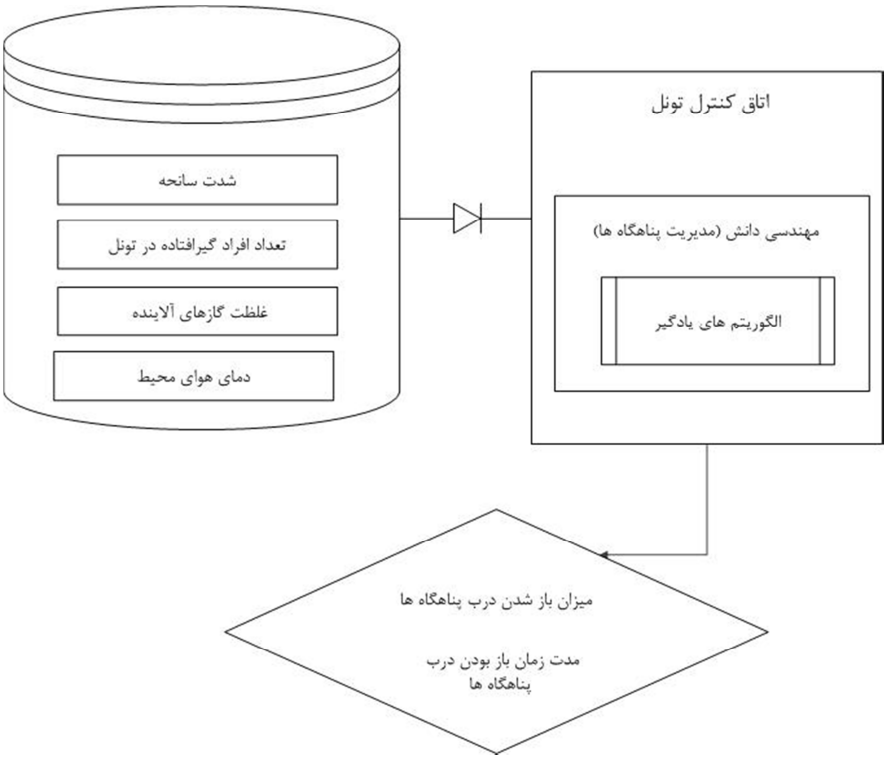
روشنایی تونل. کاهش دید خودروهای در حال حرکت در تونل به علت روشنایی نامناسب تونل خود باعث وقوع سانحه در تونل می‌شود. غلظت دود درون تونل روشنایی آن را تا حد زیادی تحت تاثیر قرار می‌دهد، به علاوه از عوامل تاثیرگذار بر میزان روشنایی تونل طول تونل، شرایط آب‌وهوایی و تعداد خودروهای درون تونل می‌باشند. در واقع در آب‌وهوای آفتابی ورود به تونل باعث ایجاد اختلال در دید راننده می‌شود که به این حالت کوری ناگهانی گفته می‌شود. به علاوه به ازای هر خودرویی که در تونل وجود دارد، چراغ‌های روشن این خودروها بر روشنایی دورن تونل و از طرفی هم بر افزایش غلظت دود تونل تاثیر می‌گذارند. در نهایت اطلاعات حال حاضر مربوط غلظت دود درون تونل، شرایط آب‌وهوایی، تراکم خودروهای درون تونل به اتاق کنترل تونل ارسال می‌شوند. این داده‌ها همراه با داده‌های زمان گذشته مربوط به مدیریت روشنایی تونل و همچنین اطلاعات طول تونل به بخش مهندسی دانش ارسال می‌شوند و در این بخش براساس الگوریتم‌های یادگیر به تحلیل این داده‌ها پرداخته می‌شود. در نهایت در کم‌ترین زمان و با بیشتری دقت ممکن در زمینه تعداد چراغ‌های ال-ای-دی که باید روشن شوند و اینکه چه چراغ‌هایی در کدام مختصات تونل روشن شوند، تصمیم‌گیری می‌شود. ۰ ۴ ورودی‌ها و خروجی‌های زیر سیستم مدیریت روشنایی تونل را نمایش می‌دهد.

مدیریت پناهگاه‌های دورن تونل. میزان باز شدن درب پناه‌گاه‌ها براساس غلظت آلاینده‌های موجود در تونل، شدت سانحه رخ داده، تعداد افراد گیرافتاده در تونل و دمای هوای محیط تعیین می‌گردد. در حقیقت محیط داخل پناه‌گاه تا حد امکان باید عاری از گازهای آلاینده موجود در تونل باشد. بنابراین داده‌های مربوط به پارامترهای فوق وارد اتاق کنترل تونل می‌شوند و به همراه داده‌های زمان گذشته در بخش مهندسی دانش و توسط الگوریتم‌های یادگیر پردازش می‌شوند و دقیق‌ترین تصمیم در زمینه میزان باز شدن درب پناهگاه‌ها و مدت باز بودن آن جهت پناه دادن به افراد گیر افتاده درون تونل تعیین

می‌گردد. در۰ شکل ۵ نحوه عملکرد زیرسیستم مدیریت پناهگاه‌ها به اختصار تشریح شده است.



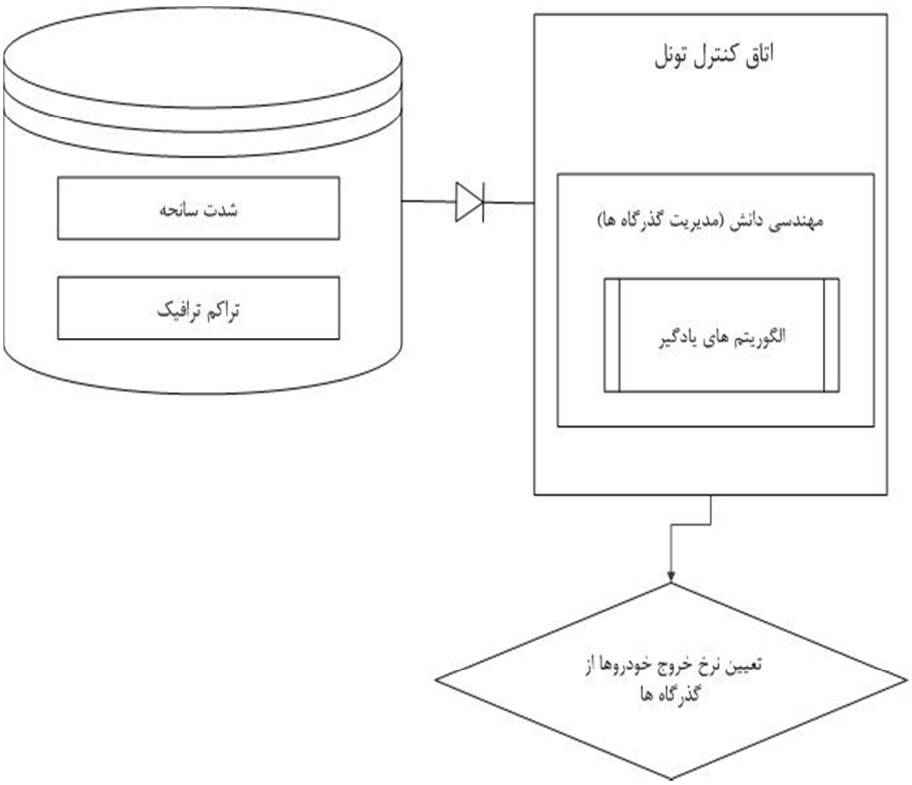
شکل ۴- دیاگرام مدیریت روشنایی تونل



شکل۵- دیاگرام مدیریت پناهگاه‌های درون تونل

مدیریت گذرگاه‌های درون تونل. در ۰ ۶ نحوه مدیریت گذرگاه‌های درون تونل به اختصار تشریح شده است. طبق این دیاگرام، تعیین باز بودن مانع ورود به گذرگاه‌ها با توجه به تراکم ترافیک موجود در تونل و

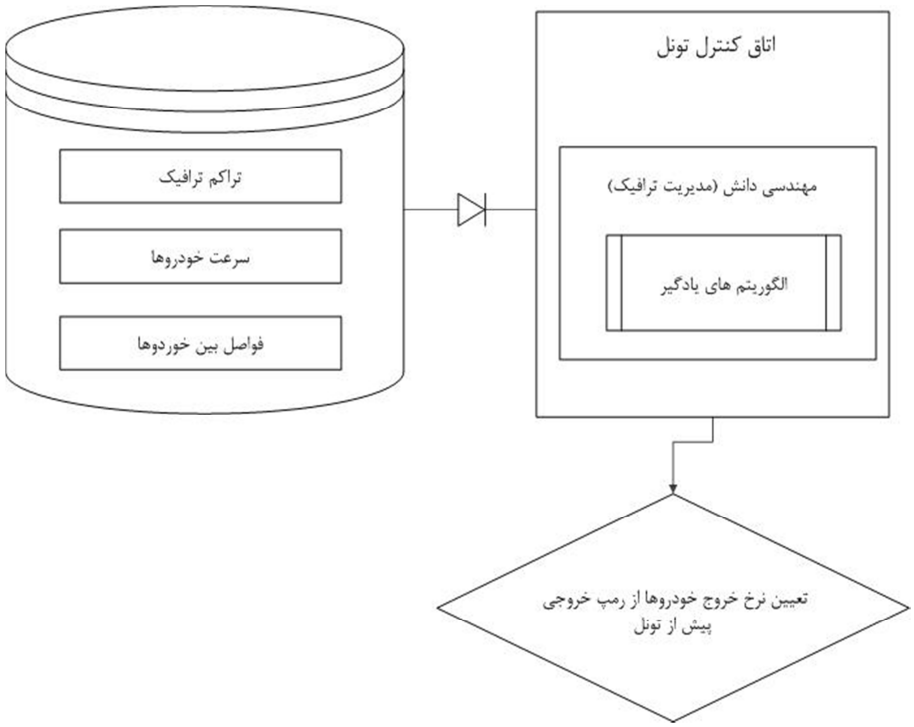
شدت سانحه رخ داده انجام می‌گیرد. بدین ترتیب با توجه به پارامترهای فوق تصمیم گرفته می‌شود که چه تعداد از خودروها از طریق این گذرگاه‌ها از محل حادثه خارج شوند و بنابراین تراکم درون تونل کاهش یابد. داده‌های این پارامترها به همراه داده‌های زمان گذشته در مهندسی دانش اتاق کنترل تونل بررسی می‌شوند و توسط الگوریتم‌های یادگیر در زمینه مدیریت گذرگاه‌های تونل تصمیم‌گیری می‌شود.



شکل ۶- دیاگرام مدیریت گذرگاه‌های تونل

ترافیک تونل. تعیین تراکم ترافیک موجود در تونل با تحلیل تعداد خودروهای موجود در تونل، سرعت حرکت آن‌ها و فواصل حرکت خودروها و ارائه راهکار جهت مدیریت ترافیک موجود با ارسال اطلاعات دوربین‌های نظارت تصویری به اتاق کنترل و تلفیق آنها با داده‌های زمان گذشته در بخش مهندسی دانش اتاق کنترل تونل انجام می‌گیرد و در نهایت راهکارهای ارائه شده توسط الگوریتم‌های یادگیر نظیر جلوگیری از ورود خودروها به درون تونل از طریق هدایت آنها به خارج از مسیر منتهی به تونل از طریق رمپ‌های خروجی پیش از تونل، اتخاذ می‌شوند. در ۷۰ نحوه عملکرد زیرسیستم مدیریت ترافیک تونل مطابق توضیحات فوق قابل مشاهده می‌باشد.

تحلیل هر یک از این مجموعه داده‌ها و تصمیم-گیری در زمینه نحوه عملکرد آن‌ها با استفاده از مهندسی دانش و بهره‌گیری از روش‌های هوشمند تحلیل داده نظیر داده‌کاوی، الگوریتم‌های یادگیر، سیستم‌های تصمیم‌گیری و بسیاری روش‌های دیگر قابل انجام است. چنین تحلیل-هایی ضریب اطمینان تصمیمات اتخاذی را بسیار بالا می-برد. در ادامه پروسه تصمیم‌گیری جهت مدیریت ترافیک در تونل نیایش در زمان بروز سانحه مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۷- دیاگرام مدیریت ترافیک تونل

۳- استخراج دانش از حسگرهای تونل: تونل نیایش

با توجه به آنچه در بخش قبل توضیح داده شد، تولید داده‌های مختلف به منظور تصمیم‌گیری در زمینه حمل‌ونقل هوشمند نیاز به مطالعات دقیق دارد. یکی از ابزارهای کارآمد در این زمینه استفاده از روش‌های مهندسی دانش می‌باشد. در این بخش به بررسی یک نمونه به کارگیری روش‌ها و الگوریتم‌های هوشمند به منظور استفاده از داده‌های تولید شده توسط دوربین‌های نظارت تصویری در تونل در زمان بروز حادثه، به منظور اتخاذ تصمیم بهینه جهت مدیریت ترافیک ناشی از وقوع سانحه در تونل نیایش پرداخته شده است. جهت تولید داده‌های مطالعاتی می‌توان از دو روش استفاده از داده‌های زمان گذشته یا شبیه‌سازی بهره برد. در نمونه مطالعاتی ذکر شده در مرجع [۱۳] از شبیه‌ساز ایمسان به منظور تولید داده‌های ترافیکی مختلف در زمان بروز حادثه در تونل و بررسی سه راهکار مختلف در چنین شرایطی استفاده شده است. در محیط شبیه‌سازی فرض شده است که اطلاعات مربوط به جریان ترافیک و موقعیت محل وقوع سانحه از پردازش تصاویر دوربین‌های نظارت تصویری به دست آمده است. بدین منظور سه سناریوی مختلف وقوع سانحه در شرایط متفاوت آب‌وهوایی نظیر بارندگی، برف، مه، آفتابی و مرطوب، ساعات مختلف شبانه‌روز، فصول مختلف سال و جریان‌های ترافیکی مختلف و اینکه سانحه در کدام لاین حرکتی رخ داده است و همچنین به علت سانحه رخ داده چند لاین حرکتی اشغال شده است، مورد بررسی قرار گرفته است. این سه سناریو با تلفیق شرایط ذکر شده در فوق عبارتند از:

- رمپ مترینگ [۱۴]، استفاده از الگوریتم آلینیا[1] جهت تخمین نرخ خروج خودروها از رمپ پیش از محل وقوع سانحه و تخمین فواصل زمانی جهت خروج نرخ تخمین زده شده.
- مسیریابی مجدد[2]، جهت خروج خودروها از رمپ خروجی پیش از محل سانحه و تعیین مسیر جایگزین برای خودروهای خارج شونده.

[1] ALINEA Algorithm
[2] Rerouting

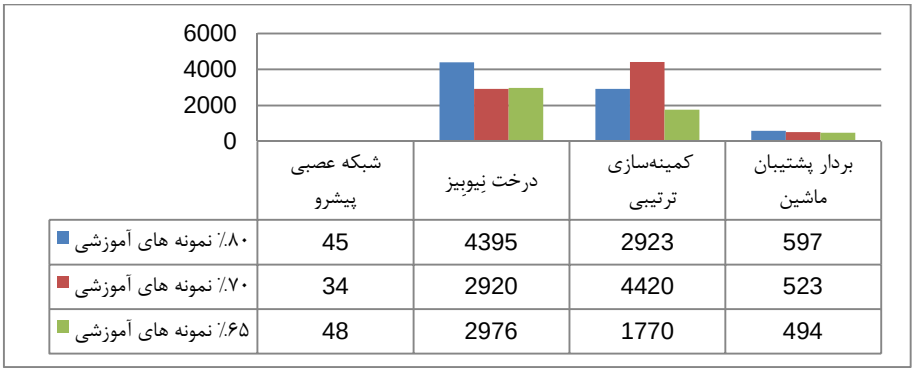
- گردش اجباری[1]، به منظور خروج کلیه خودروها از طریق رمپ خروجی پیش از محل سانحه. در این روش تعیین مسیر جایگزین در اختیار راننده است.

بنابراین مجموعه‌ای از داده‌های تولید شده توسط شبیه ساز وارد اتاق کنترل تونل نیایش می‌شوند. داده‌های به دست آمده توسط شبیه‌سازی مجموعه‌ای از قوانین اگر- آنگاه می‌باشند که در بخش مهندسی دانش به کار گرفته می‌شوند. قسمت مقدم این قوانین شرایط آب‌و-هوایی، ساعت شبانه‌روز، فصل، تعداد سانحه، جریان ترافیک و تعداد خطوط اشغالی به علت سانحه و تاخر آن‌ها یکی از چهار روش مدیریت ترافیک رمپ مترینگ، تلفیق دو روش مسیریابی مجدد و گردش اجباری، مسیریابی مجدد، گردش اجباری می‌باشد. در تلفیق دو روش مسیریابی مجدد و گردش اجباری، به درصدی از خودروهای خارج شوند از مسیر تونل، یک مسیر جایگزین ارائه می‌شود، سایر خودروهای خارج شونده به غیر از مسیر جایگزینی که به خودروهای دسته قبلی پیشنهاد شده است، خود قادر به انتخاب مسیر دیگری می‌باشد و این بدین علت است که تراکم ترافیک در مسیرجایگزین افزایش نیابد، به طوری که در آن مسیر شاهد ترافیک باشیم. سپس در بخش مهندسی دانش این مجموعه داده‌ها به دو روش نرمال سازی و گسسته سازی فیلتر می‌شوند و در نهایت دو دسته داده فیلتر شده جهت ارزیابی الگوریتم‌های یادگیر در اختیار قرار گرفته‌اند. حال در اتاق کنترل با استفاده از این مجموعه داده‌ها به تعیین الگوریتم یادگیری که کمترین زمان جهت تصمیم‌گیری و بیشترین دقت را دارا می‌باشد، پرداخته می‌شود. برای این منظور از نرم‌افزار وکا[2] جهت استفاده از شکل استاندارد الگوریتم‌ها بهره گرفته شده است. در این نمونه مطالعاتی ۱۱ الگوریتم مختلف از شاخه‌های شبکه‌های عصبی، درخت تصمیم و شبکه‌های بیزین مورد استفاده قرار گرفته است. توضیحات مربوط به هر یک از ۱۱ الگوریتم آزمایش شده در [13] قابل مشاهده می‌باشد.

از طرفی جهت بررسی این موضوع سه نمونه مختلف از داده‌ها جهت آموزش الگوریتم‌های یادگیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند،به گونه‌ای که تاثیر میزان داده‌های آموزشی بر نتایج کسب شده نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور سه درصد مختلف ۶۵٪، ۷۰٪ و ۸۰٪ جهت آموزش و در مقابل ۳۵٪، ۳۰٪ و ۲۰٪ باقی داده‌ها جهت تست الگوریتم‌ها تحت بررسی قرار گرفته‌اند. در نهایت طبق نتایج به دست آمده از بررسی شکل‌های ۸ تا ۱۱، الگوریتم درخت نیوبیز با ۷۰٪ از مجموعه داده‌های آموزشی قابلیت تصمیم‌گیری با بیشترین دقت و کمترین زمان در زمان بروز سانحه در تونل به منظور تعیین بهترین سناریوی مدیریت ترافیک براساس داده‌های گسسته سازی شده به دست آمده از شبیه سازی‌ها را دارا می‌باشد. روش یادگیر درخت نیوبیز تلفیق روش طبقه-بندی شبکه نیوبیز با روش یادگیری درخت تصمیم می-باشد. در این روش، یک شبکه نیوبیز محلی در هر برگ درخت تصمیم ایجاد می‌شود و هر نمونه بر اساس این شبکه نیوبیز محلی، طبقه‌بندی می‌شود. روش درخت نیوبیز غالباً دقت بیشتری را نسبت به الگوریتم طبقه‌بندی شبکه نیوبیز و درخت تصمیم دارا می‌باشد [۱۵].

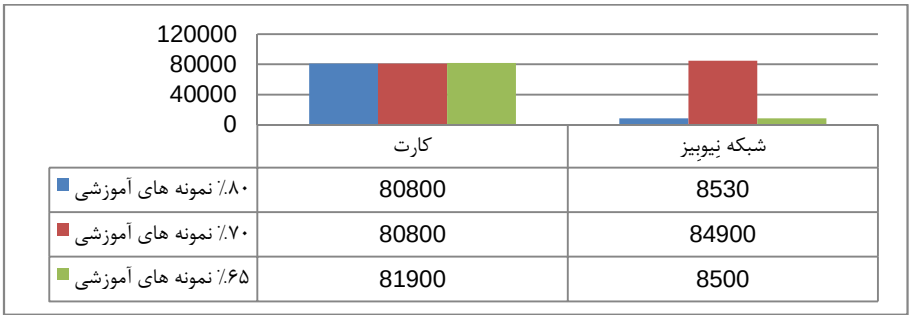
روش درخت نیوبیز بیشتر مواقع به صورت یک گراف اجرا می‌شود. این روش دارای سرعت بالایی می-باشد، از طرفی میزان فضایی که جهت اجرا اشغال می-نماید، مناسب می‌باشد. یکی دیگر از ویژگی‌های درخت نیوبیز ، عدم حساسیت این روش به ویژگی‌های غیر مرتبط می‌باشد [۱۶]. توضیحات بیشتر و همچنین نحوه فرموله کردن الگوریتم درخت نیوبیز در[۱۶] به طور کامل تشریح شده است.

[1] Force turning
[2] WEKA



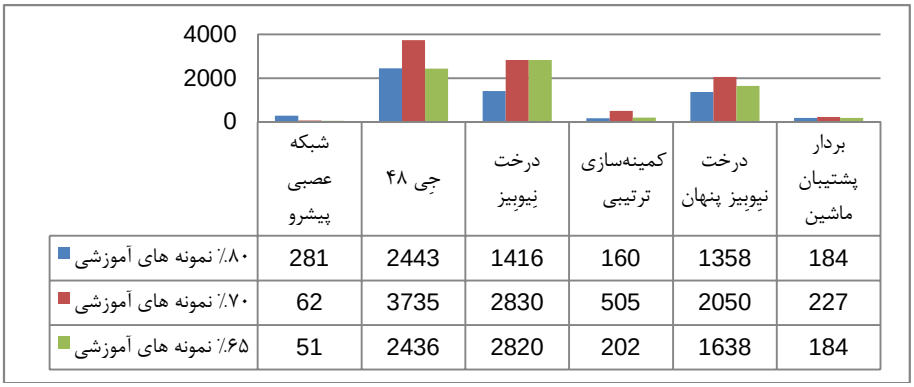
	شبکه عصبی پیشرو	درخت نِیوبِیز	کمینه‌سازی ترتیبی	بردار پشتیبان ماشین
٪۸۰ نمونه های آموزشی	45	4395	2923	597
٪۷۰ نمونه های آموزشی	34	2920	4420	523
٪۶۵ نمونه های آموزشی	48	2976	1770	494

شکل ۸- نسبت دقت به زمان الگوریتم‌های یادگیر بر روی داده‌های نرمال تونل (الف)



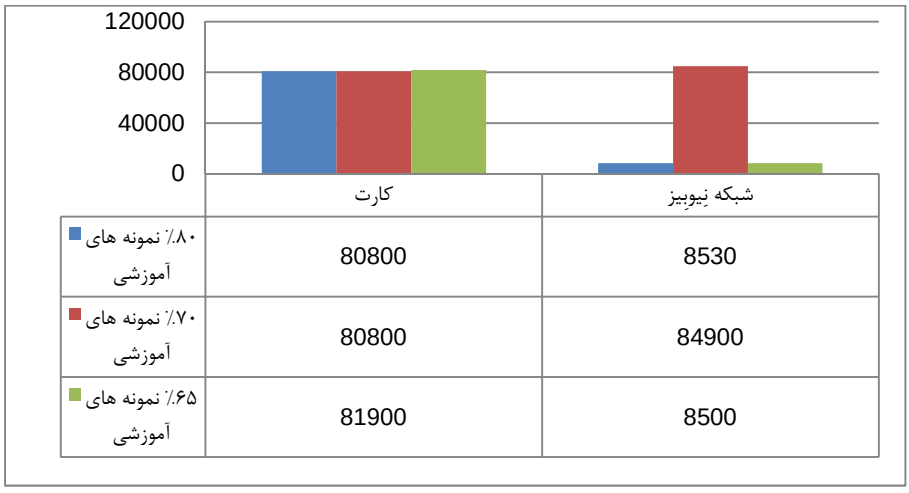
	کارت	شبکه نِیوبِیز
٪۸۰ نمونه های آموزشی	80800	8530
٪۷۰ نمونه های آموزشی	80800	84900
٪۶۵ نمونه های آموزشی	81900	8500

شکل ۹- نسبت دقت به زمان الگوریتم‌های یادگیر بر روی داده‌های گسسته تونل (الف)



	شبکه عصبی پیشرو	جِی ۴۸	درخت نِیوبِیز	کمینه‌سازی ترتیبی	درخت نِیوبِیز پنهان	بردار پشتیبان ماشین
٪۸۰ نمونه های آموزشی	281	2443	1416	160	1358	184
٪۷۰ نمونه های آموزشی	62	3735	2830	505	2050	227
٪۶۵ نمونه های آموزشی	51	2436	2820	202	1638	184

شکل ۱۰- نسبت دقت به زمان الگوریتم‌های یادگیر بر روی داده‌های نرمال تونل (ب)



	کارت	شبکه نِیوبِیز
٪۸۰ نمونه های آموزشی	80800	8530
٪۷۰ نمونه های آموزشی	80800	84900
٪۶۵ نمونه های آموزشی	81900	8500

شکل ۱۱- نسبت دقت به زمان الگوریتم‌های یادگیر بر روی داده‌های گسسته تونل (ب)

کلیه الگوریتم‌های بررسی شده چه بر روی داده‌های نرمال سازی شده و چه بر روی داده‌های گسسته سازی شده، دقتی بیشتر از ۸۰٪ را کسب نموده‌اند که این خود بیانگر قابلیت اطمینان بالای الگوریتم‌های یادگیر جهت تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی در زمان بروز سانحه در داخل تونل نیایش می‌باشند. همچنین زمان پردازش این الگوریتم‌ها در بدترین شرایط در حدود ۳ ثانیه می‌باشد که زمان بسیار مناسبی جهت تصمیم‌گیری در زمان بحرانی می‌باشد. در کل هر یک از این الگوریتم‌های یادگیر می‌توانند نتیجه مطلوبی را در زمان بروز بحران بدست آورند و در این بین با توجه به اینکه الگوریتم درخت نیوبیز زمان پردازش ۰/۰۱ ثانیه را کسب نموده بود و همچنین دقتی در حدود ۸۹/۳٪ بر روی داده‌های گسسته تونل را به دست آورده بود، از جنبه نسبت دقت به زمان بهترین الگوریتم یادگیر شناسایی شد.

همانطور که توضیح داده شد، در بخش مهندسی دانش بهترین الگوریتم از نظر معیار دقت بالا و زمان پردازش پایین انتخاب می‌شود. سپس الگوریتم انتخابی که در اینجا درخت نیوبیز می‌باشد، در مهندسی دانش سیستم به تولید قوانین و دانشی جهت اتخاذ تصمیم اقدام می‌نماید. برخی از دانش‌های استخراج شده جهت مدیریت تونل نیایش در زمان بروز سانحه و با توجه به ورودی‌های توصیف شده عبارتند از [۱۳]:

- **اگر** زمان= صبح **و** زمان تاخیر=۳۵۰۰ ثانیه **و** جریان= ۱۸۹۸ خودرو/کیلومتر **و** زمان توقف= ۳۴۰۰ ثانیه **و** گنجایش=۹۸۹ خودرو/کیلومتر **و** زمان سفر= ۱۷۰۰ ثانیه **و** سرعت=۳۳ کیلومتر/ساعت **و** روز= تعطیلات **و** آب‌وهوا= بارانی **و** فصل= بهار **و** خط سانحه= ۳ **و** تعداد سانحه= ۱ **و** تعداد خطوط اشغال شده=۱ **و** شدت سانحه= شدید **آنگاه** تصمیم= تلفیق روش گردش اجباری و مسیریابی مجدد.
- **اگر** زمان= ظهر **و** زمان تاخیر=۲۷۰۰۰ ثانیه **و** جریان= ۱۷۰۰ خودرو/کیلومتر **و** زمان توقف= ۲۵۰۰ ثانیه **و** گنجایش=۶۰۰ خودرو/کیلومتر **و** زمان سفر= ۱۱۰۰ ثانیه **و** سرعت=۳۹ کیلومتر/ساعت **و** روز= تعطیلات **و** آب‌وهوا= مه‌آلود **و** فصل= بهار **و** خط سانحه= ۱ **و** تعداد سانحه= ۱ **و** تعداد خطوط اشغال شده= ۲ **و** شدت سانحه= شدید **آنگاه** تصمیم= مسیریابی مجدد.
- **اگر** زمان= صبح **و** زمان تاخیر=۴۰۰۰ ثانیه **و** جریان= ۱۹۰۰ خودرو/کیلومتر **و** زمان توقف= ۳۸۰۰ ثانیه **و** گنجایش=۱۰۰۱ خودرو/کیلومتر **و** زمان سفر= ۱۷۰۰ ثانیه **و** سرعت=۳۰ کیلومتر/ساعت **و** روز= روز کاری **و** آب‌وهوا= برفی **و** فصل= زمستان **و** خط سانحه= ۳ **و** تعداد سانحه= ۲ **و** تعداد خطوط اشغال شده= ۲ **و** شدت سانحه= مرگبار **آنگاه** تصمیم= رمپ مترینگ.
- از طرفی داده‌های ارسال شده به اتاق کنترل توسط هر یک از الگوریتم‌های یادگیر تست شده قابلیت منجر شدن به یک تصمیم دقیق در یک زمان قابل قبول را دارا می‌باشند. جهت دستیابی به اطلاعات بیشتر در زمینه نحوه بررسی الگوریتم‌ها و نیز چگونگی شبیه‌سازی‌های صورت گرفته به مرجع [۱۳] مراجعه نمایید.

۴- نتیجه‌گیری

حمل‌ونقل هوشمند و برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از تجهیزات آن یکی از موضوعات مهم در زمینه حمل‌ونقل در کشورهای مختلف می‌باشد. استفاده بهینه از این تجهیزات با بهره‌گیری از تحلیل صحیح اطلاعات جمع‌آوری شده قابل دستیابی است. یکی از روش‌های تحلیلی مناسب استفاده از روش‌های مهندسی دانش جهت تعیین بهترین راهکار در شرایط مختلف می‌باشد. اطلاعات زمان گذشته یا داده‌های ناشی از شبیه‌سازی به

همراه تصمیمات اتخاذ شده در آن زمان به عنوان مجموعه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌ها به الگوریتم‌های هوشمند در بخش مهندسی دانش آموزش داده می‌شوند تا در شرایط مشابه آتی بهترین تصمیم براساس این نمونه‌ها اتخاذ شود. به منظور بررسی کارایی این الگوریتم‌ها، ۱۱ نمونه از آن‌ها بر روی داده‌های شبیه‌سازی شده مربوط به وقوع سانحه در تونل نیایش از دو جنبه دقت بالا و زمان پردازش پایین مورد ارزیابی قرار گرفتند و از بین الگوریتم‌های ارزیابی شده الگوریتم درخت نیوبیز بیشترین مقدار پارامتر دقت به زمان را کسب نمود، اگر چه هر یک از الگوریتم‌های بررسی شده دقت و زمان پردازش قابل استنادی را در تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی وقوع سانحه به دست آوردند.

قوانین اگر- آنگاه به دست آمده در بخش مهندسی دانش اتاق کنترل تونل توسط دو روش نرمال‌سازی و گسسته‌سازی فیلتر می‌شوند و در نهایت توسط الگوریتم درخت نیوبیز آموزش داده می‌شوند و بهترین تصمیم جهت مدیریت ترافیک ناشی از سانحه در تونل اتخاذ شده و گزارش تصمیم اتخاذی جهت پیاده‌سازی اطلاع رسانی می‌گردد. درنهایت می‌توان اظهار داشت که استفاده از روش‌های هوشمند مهندسی دانش می‌تواند به میزان زیادی در استفاده بهینه از تجهیزات حمل‌ونقل و همچنین تصمیم‌گیری‌های با اطمینان بالاتر و در زمان کمتر در زمان بروز بسیار یاری‌رسان باشد.

مراجع

[1] . Shah, N. et. al (2012). Optimization models for assessing the peak capacity utilization of intelligent transportation systems. European Journal of Operational Research, VOL. 216 No.1, 239-251

[2] . Trullols, O. et. al (2010). Planning roadside infrastructure for information dissemination in intelligent transportation systems. Computer Communications, VOL. 33 NO.4, 432-442

[3] . Ma, Zh. Et. Al (2009), Characteristics of traffic accidents in Chinese freeway tunnels. Tunnelling and Underground Space Technology, VOL. 24, 350- 355.

[4] . Xu,Q. et. al (2013). Preliminary Study on Exhaust Efficiency of Smoke Management System in Tunnel Fires. Procedia Engineering, VOL. 52, 514- 519.

[5] . Alvear, D. et. Al (2013).Decision support system for emergency management: Road tunnels. Tunnelling and Underground Space Technology, VOL. 34, 13- 21.

[6] . Vashitz,G. et. Al (2008). In-vehicle information systems to improve traffic safety in road tunnels. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, VOL. 11, 61-74.

[7] . Ülengin,F., Topcu, I.,(2000). Knowledge-Based Decision Support Systems Techniques and Their Application in Transportation Planning Systems. Knowledge-Based Systems. VOL. 4, 1403- 1429.

[8] . Darmoul, S., Elkosantini, S., (2014). Artificial immunity to control disturbances in public transportation systems: Concepts, mechanisms and a prototype implementation of a knowledge based decision support system. Knowledge-Based Systems. VOL. 68. 58- 76.

[9] . Sagong, M.,(2006). Induction of tunnel reinforcement selection rules by using decision tree technique. Tunnelling and Underground Space Technology. VOL. 21, 389.

[10] . Mahdevari, S., Torabi, S.R., (2012). Prediction of tunnel convergence using Artificial. Neural Networks. Tunnelling and Underground Space Technology. VOL. 28, 218–228.

[11] . Leo, S., Chen, Ch., Chang, Sh., (2001). Data mining for tunnel support stability: neural network approach. Automation in Construction, VOL. 10 NO. 4, 429–441.

[12] . Elvic, R. (2008). The predictive validity of empirical Bayes estimates of road safety. Accident Analysis & Prevention. VOL. 40, NO. 6, 1964- 1969.

[13] . Abpeykar, Sh., Ghatee, M., (2014). Supervised and unsupervised learning DSS for incident management in intelligent tunnel: A case study in Tehran Niayesh tunnel. Tunneling and Underground Space Technology. VOL. 42, 293- 306.

[14] . Demiral, C., Celikoglu, H., (2011). Application of ALINEA ramp control algorithm to freeway traffic flow on approaches to Bosphorus strait crossing bridges, Procedia - Social and Behavioral Sciences, VOL. 20, 364- 371.
[15] . Zhao, Y., Zhang, Y., (2008). Comparison of decision tree methods for finding active objects. Advances in Space Research. VOL. 41. 1955- 1959.
[16] .Zhang, H., Su, J., (2004). Naive Bayesian Classifiers for Ranking. Machine Learning: ECML 2004 Lecture Notes in Computer Science. VOL. 3201, 501- 512.

Knowledge Based Software to Manage Tunnel for Online Conditions

SH. Abpeykar[*]

PhD Student, Department of Mathematics and Computer Science, Amirkabir University of Technology.

e-mail: Shadi.a@aut.ac.ir

M. Ghatee

Assistant Professor, Department of Mathematics and Computer Science and Research Institute for Traffic Engineering and Transportation Focused on Intelligent Transportation Systems, Amirkabir University of Technology.

Optimal usage of transportation equipments are very important issue in many countries which use ITS. Tunnel is one of the transportation structures which has many transportation systems as Jet fans, LED, CCTV,... so there is a need to have a control room in tunnel, which helps using these sensors, and make decisions in different critical situations rapidly. In this paper operation of control room to manage tunnel intelligent transportation system, is mentioned and then based on knowledge engineering rule extractions are discussed. These rules are used as a database for expert system. Then they used for tunnel management. In knowledge engineering, learnable algorithms are run, and near extracting of rules, they made a report for tunnel administrator. As a result Naive bayes decision tree with lower process time and higher accuracy made a best result for Niayesh tunnel in Tehran.

Keywords: *Intelligent Transportation Systems, Learnable Algorithm, Knowledge Engineering, Tunnel Management.*

[*] Corresponding author