[آسان داک](http://www.asandoc.com/) (www.Asandoc.com)

**شناسایی نقاط سیاه با استفاده از شاخص های کمی ریسک در شبکه های بیزی ( Bayesian Network)**

خلاصه

تصادفات رانندگی مشکلات بسیار جدی در سطح جهانی ایجاد کرده اند. یکی از مسائل و مشکلاتی که توسط شرایط ترافیکی ایجاد میشوند رفتارها و پرخاشگری های رانندگام میباشد که تحت تاثیر موقعیت ها و شرایط تراقیکی و زیرساخت های دیگر می باشد. مدل های تشخیص ریسک های تصادفات جاده ای , معمولا از رکوردها و تصادفات ثبت شده در گذشته استفاده می کنند. مشکل اصلی این روش ها ؛ محدودیت در مقدار اطلاعات در دسترس ار تصادفات و سوانح می باشد. در واقع پوشش محدود از مشکلات اصلی این روش می باشد. این مطالعه نمونه اولیه از یک شبیه ساز را نشان میدهد که سعی در گریز از این مشکل میباشد و نشان دهنده ضرورت افزایش مطالعه بر روی تاریخچه و اطلاعات ثبت شده از تصادفات گذشته می باشد. برآورد شرایط ترافیکی از طریق شبیه ساز دینامیکی DTA ( Dynamic Traffic Assignment ) صورت می گیرد که این شبیه ساز از جنبه ها و شرایط مختلف سیستم حمل و نقلی بهره میرد. تعیین ریسک تصادفات توسط مدل Bayesian Networks صورت میگیرد که با مطالعه بر روی دسته های اطلاعاتی تصادفات و متد های خاص محاسبه میگردد. مطالعه زیر تصویری از ادغام BN با شبیه ساز DTA ای , سیستم های تصویری الگوریتم های حمل و تقل برای بدست آوردن شاخص ریسک و تشخیص نقاط سیاه شبکه جاده ای , به ما ارائه می دهد.

**مقدمه**

آمار تصادفات در جاده های اروپا نشانگر نیاز مبرم به ساز و کارهای نظام مندتر برای تجزیه و تحلیل تصادفات و پیشبینی تصادفات می باشد.

بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی , تصادفات جاده ای یکی از دلایل مهم مرگ و میر در میان افراد 5 تا 44 ساله در جهان میباشد ( Kapp,2003 ; WHO,2011 ). با توجه به روند فعلی , تصادفات جاده ای رتبه پنجم در بین علل مرگ و میر جهانی را با 2.4 میلیون کشته در سال به خود اختصاص داده است ( WHO,2011 ). همینطور , حوادث دارنندگی منجر به طیف گسترده ای از ضررهای اقتصادی نامطلوب همچون تاخیرات ترافیکی , وقفه در زنجیره تامین محصولات , افزایش آلودگی صوتی , عدم اطمینان به زمان بندی سفر و همینطور بدتر شدن وضعیت آب و هوا می شود. برای مبارزه با این خطرات و حوادث ذاتی , ایمنی جاده به عنوان یک اولویت مهم در کنار مدیریت ایمنی راه ها و شیوه های پیشبینی در دستور کار قرار گرفته است. با این حال , این موارد با محدودیت های عمده ای مواجه هستند و نیاز به بهبود و ارتقا برای مقابله با مشکلات و محدودیت های احتمالی دارند. یکی از مشکلات مواجه شده , مسئله دسترسی به داده ها و اطلاعات برای توسعه مدل پیشبینی تصادفات و تجزیه و تحلیل آن ها می باشد. در این راستا , این کار از طریق توسعه یک رویکرد کمٌی شاخص خطر تصادفات جاده ای با استفاده از ترکیب اطلاعات و داده های تصادفات ثبت شده برای توسعه مدل پیشبینی حوادث BN بر مشکل دسترسی به اطلاعات را رفع میکند .

در واقع , شبکه جاده ها تشکیل شده از سیستم های پیچیده پویا و نامطمئن تحت تاثیر انسان , فن آوری و پارامترهای زیست و محیطی است. بنابراین یکی از بهترین راه ها برای درک علل حوادث رانندگی , توسعه مدل هایی است که قادر به یکپارچه کردن و ترکیب فاکتورها و عوامل مربوط به انسان , وسایل نقلیه , عومل اجتماعی- اقتصادی , زیرساخت ها و عوامل زیست محیطی می باشد.

دو دسته از روش تجزیه و تحلیل تصادفات وجود دارد : کیفی و کمی. مورد اول با وجود استفاده کم از آن , نقش مهمی در روند تجزیه و تحلیل , پیش بینی و شبیه سازی تصادفات ایفا میکند. تجزیه و تحلیل کیفی بصورت ذهنی , اکتشافی و تفسیری میباشد در حالیکه پایه و اساس کمی , فلسفی و مثبت گراییست و از این رو بیشتر مورد استفاده قرار میگیرد. روش های کمی به دو دسته تقسیم شده اند : سری پیش بینی زمانی و پیش بینی بر اساس علت . روش تجزیه و تحلیل ارائه شده در اینجا ترکیبی از "بر اساس علت" با روش سیستماتیک , خاص , BN و شبیه سازی ترافیک می باشد. این روش در حوزه هوش مصنوعی ( Artificial Intelligence ) بسیار محبوب است و از اساس احتمالات Bayesian استفاده میکند. BN یک زبان و الگوریتم ریاضی خاص برای استدلال تحت عدم قطعیت و اطلاعات ناقص ارائه میدهد (Pearl, 2009 ). از این رو , آن ها برای استنتاج احتمالات رویدادهای آینده بر اساس مشاهدات و شواهد مفید هستند یا ممکن است برای یافتن یک رابطه علت و معلولی در سوالات بکار بیاید. با توجه به این ویژگی ها , استفاده از BN ها در تجزیه و تحلیل تصادفات به شدت در حال محبوب شدن است. روش دوم پیشنهاد شده یک شبیه ساز ترافیک جاده ای با استفاده از شبیه سازی DTA میباشد. DTA برآوردی از شرایط جریان ترافیک در هر فاصله زمانی 15 دقیقه ای را بدست می آورد. این برآورد شامل جریان ترافیک , سرعت در پیوند ( Speed at link ) و سطح جنبش و حرکتی میباشد. در داده هایی که بخوبی کالیبره شده اند , میتوان از برآورد های DTA به عنوان متغیرهای توضیحی ثانویه در مدل های پیش بینی حوادث استفاده نمود. به طور کل روش شرح داده شده در این شاخص خطر حوادث برای پیش بینی مناطق جاده ای با فرکانس تصادفات زیاد که نقاط سیاه شبکه جاده ها را تشکیل میدهند , بکار میرود.

ساختار مقاله به شرح زیر است : مروری بر تاریخچه و موارد مرتبط با ساختار ارائه شده اولیه . سپس , مرور یک طرح کلی از روش نشان داده شده است. پس از آن , زیرساخت های BN نشان داده شده است. سپس رویکردی برای پیاده سازی مدل VISTA و BN ارائه شده است. بعد از آن یک توصیف از ادغام دو روش و در نهایت نتایج حاصل از ادغام قبل از نتیجه گیری ها ارائه شده است.

2 ) بررسی ساختاری و تاریخچه

از لحاظ تاریخی , DTA توسط اداره فدرال بزرگراه ایالات متحده آمریکا ( FHWA ) در راه توسعه دو مدل مزوسکوپی DTA به نام های DYNASMART-P ( Mahmassani et al., 2000 ) و DYNAMIT ( Ben-Akiva et al.,2002 ) به ترتیب در دانشگاه تگزاس و موسسه تکنولوژی Massachusetts پیشگام شد. به موازات این تلاش ها , Ziliaskopolous و Lee (1996) شبیه ساز مزوسکوپیک RouteSim و سیستم تعامل تصویری ( Visual Interactive System ) برای الگوریتم حمل و نقل DTA ایجاد و توسعه دادند ( VISTA-DTA ) ( Ziliaspolous et al., 2004 ). در حال حاضر تعداد زیادی از مدل های بر پایه شبیه سازی تولید شده اند که شرکت های ترابری مختلف در جهان از آن ها براس سهولت در امور و زیرساخت های حمل و نقلی خود استفاده میکنند . این موارد شامل DynusT ( Chiu et al., 2008 ) , Dynameq ( Florian and Mahut, 2005 ; Florian et al., 2008 ) , AIMSUN ( Barcelo and Casas , 2002 ) , TRANSMODELER ( Caliper Corporation, 2009 ) , INTEGRATION ( Aerdo et al, 1996 ) و METROPOLIS ( de Palma and Marchal, 2002; Zilliaskopolous and Berret, 2006 ) می باشند. مدل DTA مطالعه شده در اینجا , در VISTA مرود توجه قرار گرفته شده است ( Zilliaskopolous et al., 2004 ; VISTA, 2002 ; Zilliaskpolous and Barret , 2006 ) و در هم گرایی و تقارب به یک DUE محلی میرسد . محصول اصلی از یک مدل DTA , DTA OD DEU از مدار وسایل نقلیه ای با شبیه ساز های 6 ثانیه ای و یا کمتر در گام های زمانی می باشد. از این رو تحلیلگر می تواند ویژگی های جریان ترافیک در نقاط متصل شده , حرکت , مسیر , شبکه های جاده های اصلی و ثانویه و سطح شبکه جاده ای را جمع بندی نماید.

ویژگی های مدل های DTA با اساس شبیه سازی عبارتند از : (1) ماتریس پویای مقصد ( OD ) , برآورد و تخمین توسط ترکیبی از تکنیک ها مانند نظر سنجی ها ( OD ) , مقدار و تعدد ترافیک , مدار های مسیریابی از طریق برآورد مکان مثل GPS و خودروخوان های وایرلسی کنار جاده ای میباشد. (2) مدل DTA با استفاده از یک شبیه ساز ترافیک مزوسکوپی یک نوع درخواست OD بمانند مدل انتقال سلولی Dragonzo (1994) 6 ثانیه ای ( و کمتر ) منتشر کرد. بر اساس آن , وسایل نقلیه از یک نقطه به یک نقطه دیگر بمانند بسته های حرکتی و با توجه به قوانین تئوری سرعت و تراکم حرکتی و ترافیکی حرکت می کنند. (3) هر وسیله نقلیه در طول کوتاهترین مسیر و وابسته به زمان حرکت میکند که این مسیر در هر تکرار تعیین میگردد. (4) مطابق بر این اصل زمان سفر متوسط در حال تعادل سیستم حداقل مقدار خود را دارد. به عبارتی هر راننده در انتخاب مسیر خود به نحوی هماهنگ عمل میکند بطوریکه بیشترین استفاده از کل سیستم ببرد. (5) مدل های DTA با DUE های محلی سازگاری دارند اما تاکنون گزارشی از ادعای سازگاری جهانی نشده است.

بررسی کامل از ویژگی های اصلی مدل DTA توسط Peeta و Zilliaskopolous ارائه شد (2011) . ارزیابی مدل های DTA توسط Parvathy صورت گرفت ( 2012) که مواردی همچون : واحد شبیه سازی ( اتصالی و/یا سلولی ) , زمان مرحله شبیه سازی ( کمتر/برابر با 6 ) , مدلسازی سیگنال ها ( پیش زمان دار و/یا فعال) , علائم متوقف سازی , استفاده از مناطق متصل , مدل سازی اتصال خطی ( ضمنی یا صریح ) , روش تعادل ( شیب , MSA ) , تکرار لازم برای رسیدن به یک DUE خاص ( 60 – 30 ) , مدل سازی از یک تابع هزینه عمومی و پلت فرم محاسبات, بخشی از آن بود. VISTA تنها مدل اینترنتی و همگرای DUE بر پایه DTA است که ااز یک الگوریتم تجزیه ساده استفاده نموده و بر روی لینوکس قابل اجراست در حالی که بقیه برای ویندوز و کامپیوتری های شخصی میباشند. این مطالعه نشان میدهد که علاقه به اجرای مدل DTA در حال افزایش است , در حالی که اغلب مدل های دیگر نیاز به اطلاعات کامل برای محاسبه داشته و زمانبری بالایی دارند ( STA ) , ویژگی اصلی مدل DTA نسبت به مدل STA را میتوان در مسائل مربوط به ثبات و همگرایی ساختار اصلی آن ها یافت. ساختار اولیه ( Primer ) مدل های DTA به عنوان ابزاری کارآمد برای پیاده سازی و برآورد شرایط جریان ترافیک در فواصل زمانی 15 دقیقه پشتیبانی میکند. این مدلسازی مستلزم دقت کافی در جمع کردن مجموع تقاضاها ( در فواصل زمانی 15 دقیقه ) , هندسه جاده , دستگاه ها . سرویس های کنترل ترافیک و مسافر میباشد.

شبیه ساز های ترافیک میکروسکوپی ممکن است شامل ویژگی های دیگری همچون استفاده متغیرهای توضیحی ثانویه بیشتری در مورد علت و معلول حوادث و سوانح از قبیل توزیع سرعت خودرو , توزیع پیشرفت در میان وسایل نقلیه , افزایش / کاهش شتاب و پذیرش شکاف در خط مانورهای تغییر باشند. شبیه سازهای میکروسکوپی مختلفی همچون CORSIM , VISSIM , PARAMICS , WATSIM ( FHWA, 2003 ) و ... برای تجزیه و تحلیل حوادث تولید شده اند.

3) نحوه کار BN

ارزیابی ایمنی جاده را می توان به روش های مختلف انجام داد : تحلیل سناریو ( Tsai and Su, 2004; Fleury and Bernac, 2001 ) یکی از روش های مورد استفاده می باشد که ریشه در دامنه قابلیت اطمینان سیستم های پیچیده دارد. روش های سنتی برای ایمنی جاده ها عبارتند از : ارزیابی مقایسه ایمنی جاده , بازرسی ایمنی جاده و ارزیابی اثرات ایمنی جاده . معایب اصلی برای انجام این روش ها هزینه و زمان آن ها می باشد. جزء اصلی از یک سناریو , مفهوم یک رویداد غیر معمول میباشد. رویداد یک عنصر از توالی یک سناریو حوادث را تشکیل میدهد و ممکن است دلیل خوبی برای باور اینکه رویداد های مشابه باعث حوادث مشابه در گذشته باشند اما همیشه یک رویداد تنها دلیل ایجاد سانحه نیست. در طول 15 سال گذشته علاقه به استنتاج به عنوان جزئی از هوش مصنوعی و یک رویکرد خاص مفید افزایش یافته است ( Sohn and Lee, 2003 ).سناریو ها برای طراحی و توسعه استراتژی های پیشگیری مورد استفاده قرار میگیرند , چه از طریق مطالعه تجارب گذشته و جه از طریق مطالعه حوادث و رویدادهای زنجیره ای , همه به پیش بینی حوادث آینده کمک میکنند. بنابراین , از تجزیه و تحلیل سناریو ها میتوان به عنوان روشی برای بررسی رابطه علیت و الگوی رویدادهای پی در پی و زنجیره استفاده نمود.سناریوها رو میتوانند به عنوان مصداقی از گره ها در مدل BN ( Suticliffe and Gregoriades, 2007 ) و یا رویدادها خاص بر روی درخت های رویداد بیان شوند. تنوع سناریو خودکار یک متد استفاده شده توسط Gregoriades برای شناسای نقاط سیاه در روی شبکه جاده ای برای تجزیه و تحلیل تمام حالات ممکن میباشد که از روش سیستماتیک تغییر "seed" استفاده می کند. بررسی روش های ارزیابی نقاط سیاد توسط Huang ( در سال 2009 ) صورت گرفت که پیشنهادی برای جوانب مثبت و منفی هر یک از روش ها فراهم میکند. سناریوها معمولا ترکیبی از اطلاعات زیست محیطی , آب و هوا و زیرساخت های جاده بیان می کنند. مدلسازی سناریوها از درخت های گسل و رویداد ها استفاده میکنند با این حال اساس آن بر روی فرضیاتی مستقر میباشد که حوادث بصوری رویدادهای باینری و از نظر آماری کاملا مسقتل مدل سازی شده اند ( Rao et al , 2009 ). این فرضیات , استفاده از این روش ها را محدود به آمار و مدل سازی مبتنی بر منطق میکند. بنابراین روش های درختی برای عوامل موثر با بیش از دو حالت بالقوه مناسب نیست و شرایط را برای توصیف روابط بین عوامل دشوار می نماید. در تصادفات جاده ای بعضی عوامل ممکن است بیش از دو حالت را داشته باشند , بطور مثال خلق و خوی راننده و شرایط ترافیکی طیف وسیعی از حالات و شرایط را دارا میباشد. علاوه بر این، روابط بین عوامل مؤثر در تصادف را نمی توان به راحتی با استفاده از دروازه های منطقی نشان داد . بنابراین سناریوهای مبتنی بر روش درختی برای تجزیه و تحلیل تصادفات جاده ای مناسب نمی باشند. در سیستم های پیچیده مانند شبکه های جاده ای که در آن عوامل انسان و دستگاه همکاری دارند , به طور قطع باید احتمال ارتکاب خطا توسط هر دو طرف بررسی شود. بر این اساس, دو دسته گسترده از تجزیه و تحلیل تصادف با استفاده از سناریو ها وجود دارد : تصادفات در اثر خطای انسانی و تصادفات ناشی از دستگاه . در تمرینات پیش بینی سوانح اغلب از ترکیب سناریو ها با متدهای پیش بینی دیگر استفاده میشود تا از تمامی حالات ممکن و ارتباط بین سناریوهای مختلف , آمار دقیق تری بدست آید. با این حال, مشکل اصلی در روش های سناریویی , عدم اعتماد به تولید مجموعه ای کافی از سناریو ها برای ارزیابی ایمنی سیستم ها می باشد ( Gregoriades and Allistair, 2005). روش های متعددی پیشنهاد شده اند که با سناریوهای بسیار زیادی برای ارزیابی جزئیات ایمنی تولید کرده اند.

BN ها توجه گسترده ای به عنوان یک روش برای تجزیه و تحلیلی و پیش بینی حوادث به دست آورده اند. آن ها از سناریو ها به عنوان نشان دهنده مصداقی از متغیرها در شبکه های خود استفاده میکنند.  شبکه بیزین عموماً به صورت آشکار با مقادیر اولیه قابل قبول و روابط ما بین متغیرها توزیع می‌شود. در مسائل دنیای واقعی بسیار کاربرد دارند. در چندین سال پیش شبکه‌های بیزین توسط افراد مورد توجه قرار گرفتند و به عنوان گروههای زیست شناسی در روش‌های شبکه‌های ژنی توسط افرادی به کار گرفته شدند. شبکه بیزین یک مدل گرافیکی برای نمایش احتمالات مابین متغیرهای موردنظر می‌باشد. از طرفی شبکه‌های بیزین روشی برای نمایش توزیع احتمالی پیوسته بزرگ به صورت نمایی و روش فشرده می‌باشند که اجازه محاسبات احتمالی به طور موثر را می‌دهند. آنها از ساختار مدل گرافیکی برای ضوابط مستقل مابین متغیرهای تصادفی استفاده می‌کنند. Bayesian Networks اغلب برای شرایط مدل احتمالی استفاده می‌شوند و به استدلالهای تحت شرایط نامشخص (احتمالی، عدم قطعیت) کمک می‌کنند. این شبکه شامل بخش کیفی (مدل ساختاری) است که نمایش بصری از فعل و انفعالات در میان متغیرها و بخش کمی (مجموعه‌ای از مشخصات احتمال محلی) را فراهم می‌کند، که مجاز به استنتاج احتمالات و اندازه‌گیری عددی است که متغیرها یا مجموعه‌ای از متغیرها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بخش کیفی به صورت توزیع احتمالی پیوسته که منحصربه‌فرد می‌باشد بر روی کلیه متغیرها تعریف می‌شود.

4. متودولوژی

نمونه روش پیشنهادی تجزیه و تحلیل در اینجا , بر اساس اشتراکی از شبیه ساز DTA ایی و تکنولوژی BN می باشد که برای کمیت کاری در شاخص خطر تصادفات بکار رفته است. یکی از عوامل مهم برای ریسک تصادف , جریان ترافیک در بخش یا نقاط جاده ها می باشد. بنابراین , پیشبینی شرایط ترافیک هر قسمت و بخش از جاده در بازه زمانی مختلف یک امر ضروری میباشد. به این منظور شبیه ساز ترافیک VISTA برای پنج دلیل زیر بکار میرود : در مرحله اول , به منظور برآورد شرایط جریان ترافیک DUE در قسمت های همگن و یا مکانی جاده برای مدت 15 دقیقه در روز . در مرحله دوم, تخمین جریان ترافیک که با اطلاعات تصادفات سابق بمنظور توسعه مدل BN آن , یکپارچه شده است. سوماُ این متد برای نرمالیزه کردن نرخ تصادفاتی که در حرکات و یا قسمت های مختلف جاده تحت شرایط ترافیکی مشابه رخ میدهند , کمک می نماید. VISTA یک شبیه ساز DTA ایی قدرتمند می باشد که از اطلاعات حرکات سابق راننده و زیرساخت های شبکه جاده ای برای پیش بینی های شرایط ترافیکی استفاده می کند. بنابراین دلیل چهارم برای استفاده از VISTA , پیشبینی شرایط های ترافیکی آینده تحت زیرساخت های قبلی و جدید می باشد که بر اساس آن , شرایط برآورد نرخ تصادفات و خطرات را برای BN فرآهم میسازد.. وجود این ترکیب از شبیه ساز ها , آژانس های حمل و نقلی را قادر به طراحی شبکه های حمل و نقلی کوتاه و یا بلند مدت برای کاهش وقوع حوادث می کند. اجزای اصلی مدل VISTA DTA تولید شده در Nicosia به شرح زیر میباشد:

* ماتریس پویای 15 دقیقه ای OD . این ماتریس در حالِ مطالعه , روابط زمانی بین مبداء و مقصد را تعریف میکند . این تحقیق از یک ماتریس ایستا که توسط دپارتمان تحقیقات عمومی قبرس ( CYPWD ) توسعه و شامل اطاعات تصادفات سابق ار سال 2009 می باشد , بهره برده است .
* سیستم اطلاعات جغرافیایی ( GIS ) و هندسه جاده. GIS توسط دپارتمان زمین ها و بخش های قبرس ارائه شد ( CYLSD ). هندسه جاده برگرفته از بازرسی های شخصی Nicosia و پرونده های CYPWD بود .
* کنترل اطلاعات ترافیک. زمانبندی سیگنالی برای 148 تقاطع و زمین , ایست بازرسی و کنترل سرعت و دیگر های محدودیت های آن توسط CYPWD ارائه شد.
* اطلاعات اتوبوس ها. مسیرهای اتوبوس ها ( 28 ) , برنامه ریزی و ایستگاه اتوبوس ها توسط CPYWD ارائه شد.
* اطلاعات مسافر . نمونه ای در دسترس نیست.
* مشخصات جریان ترافیکی. تحقیقات تعداد تصادفات سابق و و زمان سفرها توسط CYPWD انجام شد.

روش پیشنهاد شده را میتوان بصورت چند مرحله کلی در شکل شماره 1 نشان داد :

* پیاده سازی یک مدل شبیه ساز از نوع Nicosia در پیش بینی ویژگی های جریان ترافیک در 15 دقیقه برای هر بخش , تقاطع و یا مکان از جاده.
* درجه بندی و مدل معتبر.
* ادغام و کامپایل خواص و زیرساخت های کنترل ترافیکی به یک مجموعه داده ای برای استفاده و توسعه BN.
* پردازش مجموعه غنی از داده ها به منظور کاهش ابعاد آن و از بین بردن تناقضات و عدم قطعیت.
* توسعه توپولوژی BN با استفاده از مجموعه داده های غنی شده همراه با دانش .
* پارامتربندی دستاوردهای قبلی BN با استفاده از اطلاعات و تاریخچه تصادفاتی که توسط VISTA تولید شده اند.

* معتبر سازی BN .
* مشخص کردن حداقل سطوح قابل قبول بررسی شده برای طراحی مطمئن و امن .
* محاسبه شاخص خطر تصادفات . شروع فرآیند یکپارچه شبیه سازی BN برای ارزیابی احتمال خطر تصادف در بخش ها , تقاطع و مکان های جاده ای. در BN عمل ورودی بصورت قدم به قدم توسط شبیه ساز DTA صورت میگیرد.
* برآورد نرخ تصادفات مربوط به نرخ جریان ترافیک 15 دقیقه ای .
* نرمالیزه و عادی سازی نرخ تصادف BN توسط برآورد بدست آمده از جریان ترافیک در VISTA .

مدل VISTA ارائه شده , دربرگیرنده مجموع 517.514 OD از سفرهایست که شامل 622 OD جفت از خودروهای سواری , 148 تقاطع سیگنال دار و 28 مسیر اتوبوس می باشد. توپولوژی اجرا شده از شبکه بهمراه نمونه های آن در تصویر شماره 2 درج شده است.

شکل 2 : ساختار مدل VISTA برای شبکه جاده ای Nicosia ( راست ) . بخشی از مدل ( چپ ) همراه با سطح خدمات بیان شده با رنگ های مختلف.

**5 ) بررسی کاملی از عوامل موثر در تصادفات جاده ای**

حوادث جاده های تحت تاثیر مجموعه بزرگی از پارامترها می باشد که برخی از آنان بصورت نهفته هستند . پارامترهای تاثیری عبارتند از : ترافیک و وضعیت آب و هوایی در کنار خواص زیربنایی و ماشینی . پارامترهای نهان عبارتند از : جوانب مربوط به ادراک و آگاهی انسانی , تصمیم گیری , شناختی و روانشناسی ( Shinar, 2007 ) . فهرست زیر شرایطی از دلایلی میباشد که بر اساس آن حادثه میتواند رخ دهد( Bartley, 2008 ). در این مطالعه ما لیستی از زیرمجموعه این متغیر ها در جدول شماره 2 نشان داده ایم .

جدول 1 : اطلاعات ویژگی تصادفات ارائه شده توسط پلیس قبرس

جدول 2 : مجموعه از متغیر های کاهشی استفاده شده در توپولوژی BN در کنار متغیر های شناسایی شده پس از پیش پردازش.

توزیع سرعت ( مایل/ ساعت ). توزیع سرعت در فاصله زمانی 15 دقیقه ایست که حادثه در آن روز رخ داده است. این پارامتر را میتوان از طریق ردیاب ها و دستگاه های تخمینی و یا با استفاده از شبیه ساز های ترافیکی بدست آورد. در این مطالعه توزیع سرعت در مدت زمان 15 دقیقه از طریق مدل VISTA DTA برآورد شده است.

شتاب و یا کاهش سرعت ( کیلومتر / مجذور ثانیه یا مایل/ مجذور ثانیه ). شتاب و یا کاهش سرعت خودرو( ها ) در تصادف دخیل میباشد. این پارامتر را می توان از طریق پردازش دوربین های ویدئویی که مخصوص این کار نصب شده اند , بدست آورد. بهترین روش در تعیین شتاب/کاهش سرعت استفاده از سیستم های GPS دار میباشد. هرچه خودروهای بیشتری از سیستم های GPS دار مانند گوشی های جی پی اس و یا سیستم پی چی اس خود خودرو برخوردار باشند , برآورد مدت زمان سفر/ سرعت , شتاب خودرو آسان تر میشود. شبیه ساز های میکروسکوپی تکامل یافته میتوانند اطلاعاتی از افزایش/ کاهش شتاب و سرعت منتشر کنند.

پذیرش وقفه ( زمان پیشرفت(ها) ) . وقفه موجود در خط مجاور در زمان وقوع تصادف. این پارامتر به ندرت قابل شناسایی می باشد مگر اینکه از یک سنسور VIP در محل تصادف استفاده شده باشد. در محلی که چنین سنسوری نصب باشد , وقفه های استفاده شده توسط مسافران قابل تخمین می شوند. این وقفه های شبکه جاده ای میتواند برای تنظیم دقیق یک شبیه ساز میکروسکوپی مورد استفاده قرار گیرد. همانطور که قبلا ذکر کردیم , شبیه ساز ترافیک میکروسکوپی در این مطالعه مد نظر نیست.

سرعت خودرو در زمان سانحه. این پارامتر معمولا از طریق گزارش های پلیس با استفاده از خطوط ترمز جا مانده بدست می آید ( در صورت وجود ). با این حال با گسترش استفاده از سیستم ضد قفل ترمز , این سوال پیش میآید که بسیاری از رانندگان استفاده درست از آن را نمیدانند و گزارشات پلیس نمی تواند در یرگیرنده همچین اطلاعاتی باشد. یک شبیه ساز کالیبره شده خوب میتواند گزارشی از آن ارائه بدهد.این پارامتر در مطالعه ما مورد استفاده قرار نگرفته است.

پارامترهای کنترلی ترافیک. پارامترهای کنترلی ترافیک ( مانند زمان بین چراغ های خودرو ) در زمان تهیه گزارش تصادف بسیار مورد استفاده قرار میگیرند. در این مطالعه از زمان بندی متوسط برای سیگنال ها ( چراغ ها , راهنما ها ) استفاده شده است. شبیه ساز های میکروسکوپی ترافیک اطلاعات بسیار دقیقتر و کاملتری از این پارامتر ارائه میدهند.

موارد خاص , آب و هوا و پارامتر های شرایطی در گزارشات پلیس ثبت و توسط BN پرونده شخص درج میگردد.

نوع راننده. پلیس قبرس موارد متعدد دیگری همچون سن , جنسیت را در گزارش خود ثبت میکنند . پرخاشگری و نوع رفتار راننده یک مورد مهم دیگر است که در گزارش پلیس ثبت نمی شود. بدون شک این مورد یکی از دلایل مهم در به وقوع پیوستن سوانح رانندگی میباشد.

6 ) شبکه های بیزین ( Bayesian Networks )

در حال حاضر, BN ها چارچوب اصلی ما برای روش پیش بینی تصادفات می باشد. شبکه‌های بیزین در زمینه استدلال احتمالی به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند و به درخت متصل بر روی احتمالات استدلال شده تبدیل می‌شوند. شبکه‌های بیزین به تجزیه زیرگراف اصلی ماکزیمم درخت متصل تبدیل می‌شوند و بیشتر از درخت‌های متصل کاربرد دارند. شبکه بیزین عموماً به صورت آشکار با مقادیر اولیه قابل قبول و روابط ما بین متغیرها توزیع می‌شود. در مسائل دنیای واقعی بسیار کاربرد دارند. در چندین سال پیش شبکه‌های بیزین توسط افراد مورد توجه قرار گرفتند و به عنوان گروههای زیست شناسی در روش‌های شبکه‌های ژنی توسط افرادی به کار گرفته شدند. شبکه بیزین یک مدل گرافیکی برای نمایش احتمالات مابین متغیرهای موردنظر می‌باشد. از طرفی شبکه‌های بیزین روشی برای نمایش توزیع احتمالی پیوسته بزرگ به صورت نمایی و روش فشرده می‌باشند که اجازه محاسبات احتمالی به طور موثر را می‌دهند. آنها از ساختار مدل گرافیکی برای ضوابط مستقل مابین متغیرهای تصادفی استفاده می‌کنند. شبکه‌های بیزین اغلب برای شرایط مدل احتمالی استفاده می‌شوند و به استدلالهای تحت شرایط نامشخص (احتمالی، عدم قطعیت) کمک می‌کنند. این شبکه شامل بخش کیفی (مدل ساختاری) است که نمایش بصری از فعل و انفعالات در میان متغیرها و بخش کمی (مجموعه‌ای از مشخصات احتمال محلی) را فراهم می‌کند، که مجاز به استنتاج احتمالات و اندازه‌گیری عددی است که متغیرها یا مجموعه‌ای از متغیرها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بخش کیفی به صورت توزیع احتمالی پیوسته که منحصربه‌فرد می‌باشد بر روی کلیه متغیرها تعریف می‌شود.

بعبارت دیگر, BN احتمال متشرک بر روی مجموعه ای از متغیرها = { X1,…,Xn } را توصیف کرده و مشکل انفجار ترکیبی را رفع می نماید. بنابراین , به ما اجازه وارد کردن X , متغیر تصادفی و πi  و مجموعه از گره های پدر ( موروثی ) از Xi+ را به ما میدهد. سپس توزیع مشترکی از X را بعنوان توزیع شرطی داده از وارثین هر متغیر را تولید کرده که در آن x نشان دهنده یک نمونه از X , πi , نمونه ای از π و xi  و علامت های Xi  میباشد :

1 ) P(X) = ∏ni=1 p(xi|πi)

احتمالات شرطی شرح داده شده توسط معادله Eq. (1) در CPT حضور دارند. زمانی که توپولوژی و CPT تکمیل یافت , قضیه بیزی برای تشخیص زنجیره قوانین (1) قابل استفاده میباشد. قضیه بصورت زیر نشان داده شده است :

2) P (xi/xj) = [P(xj/xi)P(xi) ]/ P(xi)

P(xi/xj) = پیش علت ( نامشخص ) از xi برای xj  است: در P(xj/xi) مدت زمان پیش بینی برای xi  داده شده به xi میباشد.

3) 

در مثال3 , دو مورد تحت تاثیر خطر ریسک ( AR ) , یعنی , جریان ترافیک ( TF) و کنترل ترافیک ( TC ) نشان داده شده است. اجازه دهید نقاط AR را با W و TF را با M , TC را با S مشخص کنیم . بخش های مربوطه به ترتیب شرح داده شده است .متغیر ها هر تعداد از بخش ها را میتوانند داشته باشند . بنابراین انتخاب مقیاس اندازه گیری بر عهده تحلیلگر گذاشته می شود. بیایید شماره ایالت های nw , nm , ns را به ترتیب برای W , M, S علامت گذاری کنیم. در این مسئله متغیرها سه ایالت میتوانند داشته باشند ( nw=nm=ns=3 ). مقادیر زیاد را با h, متوسط را با M و کم را با L نامگذاری میکنیم. حال از قضیه بیزی برای حل آن استفاده میکنیم :

4 )



در قوانین محاسبه پیش بینی ریسک تصادف را با wk , جریان ترافیک را با mj و کنترل ترافیک را با Si نشانت میدهیم.

شکل شماره 3 . نمونه ای از توپولوژی BN



شبكه‌هاي بيزي با در نظر گرفتن استقلال متغيرها مي‌توانند در همان حال كه توزيع توام را بخوبي نشان ميدهند، از نظر محاسباتي هم قابل قبول باشند. اما در قلمروهايي كه استقلال بين متغيرها كم است، اين شبكه‌ها نيز نمي‌توانند كمكي كنند. در بعضي موارد، وابستگي بين متغيرهايي كه آنچنان قوي نيست در نظر گرفته نمي‌شود، تا در مقابل از دست رفتن مقداري از دقت، شبكه از نظر محاسباتي قابل قبول شود. علاوه بر اين، ترتيب اضافه كردن متغيرها براي ساختار شبكه هم بسيار موثر و مي‌تواند براي قلمرو‌اي كه مي‌تواند شبكه مناسبي داشته باشد يك شبكه با يال‌هاي زياد و غيرقابل قبول از لحاظ محاسباتي نتيجه دهد. اين شبكه‌ها نه تنها يال‌هاي بيشتري دارند، بلكه ما را با سختي حساب احتمالاتی روبرو مي‌كنند كه بسيار پيچيده مي‌تواند باشد.

**7 ) مدلسازی خطر تصادف در BN**

برای طراحی مدل ریسک تصادف در BN ابتدا باید به شناسایی متغیرهای مدل و مناطق آن ها پرداخت. یافتن تعلقات روی آن ها همراه و در نهایت رمزگشایی دانش ها و یافته های رسمی قبلی و بیان تاثیر آن ها در میان CPT ها از موارد اصلی در این مدلسازی میباشد. مدل BN در ابتدا توسط پلیس قبرس و با استفاده از اطلاعات تصادفات ثبت شده با VISTA , توسعه یافت. در شروع این دو دسته از اطلاعات هیچ ارتباطی مستقیمی با یکدیگر نداشتند و اطلاعات مهمی از قبیل سرعت , جریان ترافیکی و زیرساخت های جاده ای برای ساخت مدل BN در دسترس نبودند. بنابراین از شبیه ساز VISTA برای استخراج اطلاعات سوانح همراه با اطلاعات اضافی دیگر استفاده شد .برای کسب اطلاع از اطلاعات فراساختی پرونده تصادفات , از پلتفرم GIS استفاده شد. این اطلاعات در VISTA ( شکل 4 ) برای استخراج نتیجه کامل از سوانح وارد می شوند.

دسته اطلاعاتی تصادفات شامل تمامی تصادفات روی داده در Nicosia مابین سال های 2002 تا 2008 می باشد و شامل 9000 پرونده است.هر پرونده شامل 43 متغیر ورودی تصادفات مانند ویژگی های جمعبندی شده از تصادف , راننده می باشد ( جدول 1 ) هر رکورد شامل یک دسته خاص از اطلاعات طبقه بندی شده برای سانحه روی داده می باشد .

پیش پردازش مجموع داده ها شامل 4 مرحله می باشد: الف) جایگزینی متغیری که در دسترس نیست ( بطور مثال استفاده از یک سری متغیر هایی که برای جایگذاری قابل قبول بوده و یا با متغیرهای هم مفهوم در برنامه MATLAB قابل جایگذاری باشد ب ) گروه بندی و یا هم خانوده کردن متغیر های مشابه و هم معنا در یک دسته ( جدول 2 ) ج) تبدیل متغیر های متناوب و ادامه دار به دسته های قابل قبول د) حذف متغیرهای اضافی و بدون کاربرد در محدوده مطالعه .

تجزیه و تحلیل های آماری قابیلت تشخیص و ترکیب 43 نوع متغیر ورودی ( مستقل ) و وابسته به نوع حادثه ( متغیر وابسته ) را دارند و این امر به کمک زیادی برای کاهش تعداد متغیرهای مورد نیاز در بخش توسعه به 15 متغیر را کرده است . ماشین یادگیری الگوریتم استفاده شده در پارامترگذاری CPT حداکثر انتظار نیاز را تامین میکند.( EM ) ( Jensen, 2001 ). EM یک الگوریتم قدرتمند است که کمک زیادی در شناخت پارامترها از روی اطلاعات ناقص میکند , روش این الگوریتم یافتن بیشترین شباهت برای پارامتر مورد نظر از بین اطلاعات موجود و تخمین آن میباشد. الگوریتم EM بخشی از ابزار HUGIN میباشد که ما از آن برای توسعه مدل BN استفاده نموده ایم . ( رفرنس به شکل شماره 5 )

**8 ) اعتبارسنجی مدل BN**

عمیم روش طبق بندی مبتنی بر آنتروپی در تحقیقات ایمنی ترافیک، به عنوان اعتبار مطالعات به کار گرفته شده است. در حقیقت مقدار محاسبات بعنوان مطالعات اعتبار سنجی استفاده می شوند. سطح ایمنی (طبقات ) نقاط حادثه خیز به عنوان حقیقت مقدار محاسبات در نظر گرفته می شود. سطح ایمنی نقاط حادثه خیز در مورد مقدار آنتروپی هریک از نقاط حادثه خیز در نظر گرفته می شود. این مقدار در مقایسه با سطح ایمنی نقاط حادثه خیز مشخص شده مرکزی به وسیله متوسط مقدار آنتروپی در نظرگرفته می شود.شکل شماره 6 اعتبار سنجی اسمی و تحقیقی (ARA) میباشد. آزمونBN به عنوان مطالعه دومین مطالعه اعتبار سنجی مورد استفاده قرار می گیرد. در این آزمایش مقدار آنتروپی در نقاط حادثه خیز با سایر نقاط دیگر مورد مقایسه قرار می گیرد. انتظار میرود مقدار آنتروپی مشخص شده به وسیله محاسبه ی مقدار آنتروپی متوسط در نقاط حادثه خیز اطراف نقطه ی مرکزی به دست آید و آن به عنوان مقدار برای مرکز مربوط اختصاص داده می شود.

**9 ) دستگاه تشخیص ایمنی جاده**

دستگاه تشخیص ایمنی جاده , ابزاری است که از ترکیب و هماهنگی تکنولوژی BN و VISTA بدست آمده است و شامل قسمت های زیر میباشد : موتور BN , شناساگر میزان خطر تصادف , شبیه ساز VISTA , پیش پردازنده اطلاعاتی که به تولیدگر سناریو کمک کی کند , آنالیزور نتایج و ویژولایز . تصویر شماره 6 نواحی مختلف از تکنولوژی VISTA را نمایش میدهد. با مشخصات اولیه سیستم مورد نیاز , ما در شناسایی ابزارهای نرم افزاری مناسب اقدام نمودیم .این اجزا قابلیت اجرا بر روی سیستم ها را دارا بودند. به طور خاص , موتور استنتاج بیزی و اجزای تجسمی آن پس از تحقیقات کامل و دقیقی اتتخاب شدند. کد هایی بکار رفته برای پیاده سازی و فعال کردن اجزا به زبان جاوا نوشته شدند. شناساگر های ریسک از موتور استنتاج بیزی استفاده نموده و مدل های احتمالی خطرات را تولید می نمایند.

نسل و تاریخچه سناریوها مبتنی بر روشی است که توسط Gregoriades به وجود آمد . تصویرساز نتایج را پردازش و نتایجه را بصورت تصویری به کاربر تحویل میدهد. یک مرور کلی از اطلاعات ابزاری در شکل 7 نشان داده شده است. ادغام VISTA با مدل BN از طریق اطلاعات متفاوت الزمانی قابل درک بود.

به منظور ایجاد ارتباط بین VISTA و ارزیاب ریسک , پیش پردازش داده ها توسط BN قبل از استفاده آن ها در ارزیاب ریسک , یک امر ضروری بود.به طور خاص , متغیر های VISTA مستمر هستند , از این رو , باید به دسته های طبقه بندی شده تبدیل شوند تا بتوان آن ها را در BN توسط گره های گسسته توسعه داد. به این خاطر باید خروجی های VISTA برای تبدیل به مدل BN ابتدا مورد تحلیل قرار بگیرند . به طور خاص برای جریان ترافیک سه گزینه تعریف میشوند که بترتیب کم , متوسط و بالا نام دارند. اولی مربوط به تعداد 100 خودرو , دومی به کمتر از 350 و سومی به بیش از 350 خودرو بازه زمانی 15 دقیقه مربوط می باشند. ( شکل 8 ) این موارد برای پارامتربندی جریان ترافیک بکار میروند.

**10 ) نتایج**

نتایج حاصل از ارزیاب خطر تصادف برای محاسبه خطر تصادف در هر بخش مختلف جاده مورد استفاده قرار گرفت. هر بخش جاده در مقابل تعدادی از حالات سناریوهای BN که احتمال تصادف را نشان میدادند , بررسی شد. هر بخش از جاده که مستعد احتمال حادثه بود توسط مدل BN تعیین شد. حوادث منجر به فوت بیشتر مورد توجه و ارزیابی قرار گرفتند. سناریو های BN ای که در پایین مقدار و یا آستانه سقوط بودند , نادیده گرفته شدند. تعداد سناریو ها و حالاتی که بالاتر از آستانه بودند برای محاسبه فرکانس سانحه برای هر بخش مورد استفاده قرار گرفت. این عمل مهندس ایمنی را قادر به تجزیه و تحلیل دقیق و تک به تک وا میدارد. حجم ترافیک به عنوان یک فاکتور عادی سازی برای پیش بینی حوادث به کار میرود که این نرمال سازی پرونده ها از موضوع های پر اهمیت تجزیه و تحلیل سوانج بشمار میرود. نرخ تصادف به عنوان تعدادی از حوادث که در بخش جاده و یا محل در بین میلیون ها خودرو اتفاق میوفتد , بکار میرود. بطور سنتی , این پارامتر بصورت تخمینی از طریق متوسط سالانه ترافیک روزانه ( AADT ) بدست می آید.در این مطالعه شاخص خطر تصادف به صورت زیر آمده است :

شاخص خطر تصادف = تعداد تصادفات پیش بینی شده توسط BN / نرخ تعیین شده جریان ترافیک در هر روز از طریق DTA

بنابراین ARI رخ داده برای همه حوادث از طریق استفاده از مدل VISTADTA محاسبه شد. این پارامتر باید بر اساس شرایط ترافیک محلی برای هر فصل تخمین زده شود. مجموعه مدل های ترافیک DTA برای هر فصل متفاوت میباشد. بطور مثال این مجموعه برای روزهای شنبه و یکشنبه میتواند آماری مختلف بدهد.

نتایج حاصل از قسمت های مختلف جاده ها که دارای خطر احتمال تصادف بیشتری دادند , نقاط سیاد شبکه جاده ای نامیده میشوند. مثالی از نتایج تولید شده در روش اول , در شکل شماره 9 نشان داده شده است. این نتایج نشانگر این است که نقاط شماره 3, 21 و 47 بالاتری شاخص خطر تصادف را دادا می باشند. این مورد به مهندسین ایمنی جهت اقدام متقابل و کاهش خطر تصادفات , گزارش داده میشود

**11) بررسی**

روش شرح داده شده در اینجا یک نگرش جدید کمی با استفاده از استنتاج احتمالاتی و شبیه سازی DTA میباشد. ادغام BN با VISTA باعث بدست آوردن اطلاعات پویا , ایستا و شناخته شده و نشده , میشود. مدل شبیه ساز استفاده شده در اینجا , ترکیبی از تکنیک های برگرفته از ارزیاب شاخص ریسک و شبیه ساز ترافیکی می باشد. در این مطالعه بازه زمانی استفاده شده در VISTA 15 دقیقه بود , تنها مشکل VISTA و BN محدودیت در دسترسی به اطلاعات کامل و همینطور تغییرات زیرساختی جاده ها می باشد . با این حال تنها با استفاده از تاریخچخ تصادفات جاده ای نمیتوان نقاط سیاه شبکه های جاده ای را مشخص نمود. بنابراین مدل BN میتواند کمک بسیار مهمی در بدست آوردن متغیر ها و اطلاعات سوانح و خطرات جاده ای بکند.

این روش به عنوان یک نمونه اولیه برای نشان دادن متودولوژی ساخته شده است تا اینکه برای نشان دادن نحوه انجام عملیاتی که نیاز به کالیبراسیون قابل توجهی از مدل DTA و مدل های آن داشته باشد.زمانی که یک مدل کالیبره شده باشد , به شرایط واقعی نزدیکتر خواهد بود و به دلیل استفاده از تمامی حرکات , تقاطع ها و اتفاقات رخ داده در جاده ها , نتایج آن بسیار دقیق تر و نرمال شده تر از روش AADT خواهد بود.

BN در امنیت جاده ها برای یافتن و تحلیل فاکتورهای مرتبط با سوانح بکار می رود. با این حال , BN با کمک شبیه ساز DTA ارزیابی بسیار بهتری را انجام میدهد که در خور پسند همگان می باشد.در حال حاضر الگوریتم های بسیار متنوعی در سیستم های BN مورد استفاده قرار گرفته اند که کارایی آن را بالا برده اند. همچنین شبکه های بیزی با استفاده از پیشرفت های قابل توجهی که در سال های اخیر داشته اند در رفع بسیاری از مشکلات و محدودیت های این مدل ها داشته اند.

همچینین متوجه شدیم که که مدل های امروزی VISTA از شبیه سازهای مزوسکوپیک ترافیکی استفاده میکنند , این مدل از شبیه ساز های مزوسکوپیک ترافیکی , قابلیت تولید اطلاعات دقیق از جریان ترافیک برای تصادفاتی که روی میدهند , ندارند. . تخصیص دینامیک ترافیکی در طول سالهای گدشته به طور گشسترده مورد مطالعه قرار گرفته و الگوریتم ها و فرمولبندی های متفاوتی برای آن ارائه شده است. DTA میتواند در ارزیابی های بسیار موثر طرح های حمل و نقل منطقه ای و برآورد تاثیرات مختلف مدیریت بهنگام سازی ترافیک در شرایط اضطراری و وقایع خاص نظیر عملیات اجرایی در طول مسیر کمک موثری نماید. نين، بطور كلي اندازه گره‌هاي يك شبكه بيزي بصورت نمايي كوچكتر از تعداد عناصر درون اين جداول احتمالات شرطي است. بنابراين، براي نمايش كارآمد جداول توزيع‌هاي شرطي راه‌هاي زيادي طراحي شده است كه استفاده از توزيع‌هاي خاص با پارامترهاي محدود از جمله اين روش‌ها است. علاوه بر اين، روش‌هاي زيادي براي استنتاج كارآمد در شبكه‌هاي بيزي طراحي شده است. روش‌هايي كه سعي در استنتاج دقيق دارند.

در نهایت ما رویای تولید یک مدل DTA بطور مداوم کالیبره با شبیه ساز میکروسکوپی قادر به تولید ویژگی های دقیق جریان ترافیکی رخ داده در شبکه های جاده داریم که می تواند به افزایش شناخت و دانش ما از مدل های BN کمک فراوانی کند .

**تشکر و قدردانی**

این تحقیقات توسط بنیاد تحقیقات و توسعه قبرس , دپارتمان CTL حمل و نقل قبرس , کالج شهر نیویورک , گروه حمل و نقلی VISTA تحت نظر برنامه هدفمندی همکاری های بین المللی بین قبرس و ایالات متحده , جمع آوری شده است.