

## شناسایی عوامل موثر در تعیین استراتژی خط‌کشی‌های ترافیکی شبکه معابر شهر

### تهران با استفاده از داده‌کاوی به روش مدل درخت تصمیم

محمد رضا نقدی‌زاده، کارشناس برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

مهدی شکرگذار (مسئول مکاتبات)، کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

امید رفیعی، کارشناس ارشد مدیریت ساخت، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

عمار ناظریان، کارشناس ارشد برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

**E-mail: shokrgozar@tehran.ir**

### چکیده

امروزه ایمنی راه‌ها و معابر یکی از مهمترین مساله‌های صنعت حمل‌ونقل به شمار می‌رود. در این میان زیرساخت‌های فنی و مهندسی نظیر خط‌کشی‌های شبکه معابر یکی از عوامل موثر در تردد ایمن رانندگان به شمار می‌رود. حصول کیفیت مناسب خط‌کشی‌های ترافیکی و حداکثر ماندگاری به گونه‌ای که رنگ مورد استفاده علاوه بر دوام، دارای بازتاب مناسب در طول دوره خدمت‌دهی باشد، از چالش‌های موجود در این حوزه به شمار می‌رود. راهکار نیل به این اهداف با انتخاب صحیح نوع رنگ اجرایی برای عملیات خط‌کشی متناسب با شرایط مختلف است. عوامل متعددی نظیر وضعیت روسازی، وضعیت بازتاب، وضعیت خرابی فیزیکی رنگ، درجه اهمیت معبر، فصل اجرا، ضخامت رنگ موجود بر انتخاب نوع اجرای خط‌کشی مجدد تاثیرگذار است که بر اساس همین شرایط، نوع رنگ مورد استفاده باید تعیین گردد. در این مقاله سعی بر شناسایی عوامل موثر بر اجرای خط‌کشی‌های معابر با استفاده از مدل درخت تصمیم است. در همین راستا، پس از تشکیل پایگاه داده مورد نیاز، فرآیند شناسایی عوامل تاثیرگذار بر مبنای شاخص اهمیت متغیر (VIM) و الگوریتم رشد CART (با استفاده از معیار Gini Index) برای ساخت مدل استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که وضعیت بازتاب خط‌کشی و درجه اهمیت معبر، مهمترین عوامل تاثیرگذار در تعیین نوع خط‌کشی اجرایی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شبکه معابر، ایمنی، اجرای خط‌کشی، شاخص‌های تاثیرگذار، درخت تصمیم

## ۱. مقدمه

تحلیل‌های انجام شده در این پژوهش، برگرفته از مدل درخت تصمیم است که در آن از روش CART استفاده شده است. این روش تعاملات شرطی بین داده‌ها را در نظر می‌گیرد که باعث ایجاد قوانین "اگر- آنگاه" می‌شود که در سیاست- گذاری بسیار مفید است. افزون بر این، روش CART به دلیل آسان بودن و نمایش گرافیکی نتایج آن ممکن است توسط مدیران حوزه حمل‌ونقل بر روش شبکه‌های عصبی مصنوعی ترجیح داده شود. به همین دلیل در این مقاله از روش CART استفاده می‌شود.

## ۲. مروری بر ادبیات موضوع

علائم و خط‌کشی‌ها باید به موقع و به طور مشخص راهنمایی‌های صحیح را به استفاده‌کنندگان از جاده‌ها ارائه نمایند که اینگونه راهنمایی‌ها نباید مبهم بوده و به سرعت قابل درک باشند. همچنین خط‌کشی‌ها همیشه باید طوری حفظ شوند که اثر اصلی و شرایط کلی خود را حفظ نمایند. اگر به دلیل فرسایش یا کاهش میزان نور برگشتی، خط- کشی‌های اجرا شده اثر خود را از دست دهند، علاوه بر کاهش نقش علائم و کم توجهی رانندگان در مراعات آنها موجب از بین رفتن ثروت ملی، افزایش احتمال بروز تصادفات جاده‌ای و سایر موارد نیز می‌شود. انواع علائم و خط‌کشی‌های سواره‌روی مورد استفاده، باید همراه با قوانین مربوط به خود به کار روند. انواع طبقه‌بندی خط‌کشی‌های راه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است:

یکی از موضوعات مهم در زمینه حمل‌ونقل و البته دارای اولویت در کشور ما، موضوع ایمنی شبکه معابر می‌باشد. بخش قابل توجهی از مسئله تامین ایمنی معابر نیز به زیرساخت‌های فنی و مهندسی موجود بستگی دارد که بر کیفیت رانندگی نیز تاثیرگذار است. یکی از مهمترین این زیرساخت‌ها خط‌کشی راه‌ها و معابر می‌باشد که اجرای صحیح آن چه از لحاظ مهندسی و طرح و چه از لحاظ مسائل فنی-اجرائی بسیار مهم می‌باشد. سالیانه هزینه زیادی صرف انجام خط‌کشی‌ها معابر تازه روکش شده و یا تجدید خط‌کشی‌ها در موارد معیوب می‌شود. اهمیت ماندگاری رنگ‌ها و وجود بازتاب مناسب خط- کشی همواره به عنوان یک بحث مهم مطرح بوده است. متأسفانه بعضاً کیفیت نامطلوب رنگ‌ها یا عدم رعایت مسائل اجرایی سبب می‌گردد که خط‌کشی‌های انجام شده، ماندگاری یا بازتاب لازم را نداشته باشند و در نهایت در دوره ای کمتر از دوره ماندگاری موردانتظار، نیاز به خط‌کشی مجدد داشته باشند. همین امر سبب شده است که هزینه‌های سنگینی به بار آورده شود که نیاز به بررسی بیشتر در زمینه اجرای خط‌کشی‌ها و عملکرد بهینه را ضروری می‌سازد. آنچه که در این مقاله به عنوان هدف اصلی دنبال می‌شود، تعیین شاخص‌های تاثیرگذار در انجام عملیات خط‌کشی مانند وضعیت روسازی، شرایط فصلی و غیره و همچنین ارائه الگوریتمی جهت تعیین نوع خط‌کشی اجرایی، متناسب با شرایط موجود معبر می‌باشد.

جدول ۱. انواع خط‌کشی‌ها در دسته‌بندی‌های مختلف

از لحاظ نوع رنگ	از لحاظ نحوه اجرا	از لحاظ طرح
- سرد	- اسپری	- طولی منقطع
- گرم	- اسکرید	- طولی ممتد
- دوجزئی	- اکستروژن	- عرضی (ایست، رعایت حق تقدم و ..)
	- دستی	- هاشور و جناغی
		- بلوک عابر
		- پیکان و خط نوشته

از لحاظ نوع رنگ	از لحاظ نحوه اجرا	از لحاظ طرح
		- ایستگاه تاکسی، اتوبوس، پارکبان (باکس)، خودپرداز (L&T)
		- خطوط برجسته



شکل ۱. نمونه‌های انواع خط‌کشی در شبکه معابر

براساس نظام فنی و اجرایی شهرداری تهران عمر مفید رنگ-های مختلف به شرح جدول ۲ است:

در مقوله طرح خط‌کشی‌های ترافیکی با توجه به وجود آیین-نامه‌ها و دستورالعمل‌های داخلی و خارجی، نیازها در حد کفایت پاسخ داده شده است. اما آنچه که ممکن است بر روی عملکرد خط‌کشی‌ها تاثیر بسزایی داشته باشد، کیفیت خط‌کشی‌های اجرایی و ماندگاری آن‌هاست که می‌تواند علاوه بر تحمیل هزینه‌های سنگین نگهداری، مشکلات متعدد از لحاظ ترافیکی و ایمنی برای معابر بوجود آورد و منجر شود که خط-کشی‌ها عملاً کارکرد خود را از دست بدهد. با این حال با رعایت برخی از مسائل و توجه به عوامل مهم می‌توان تا حد قابل توجهی این امر را بهبود بخشید. براساس تحقیقات و تجربیات حاصل شده، عوامل موثر در انتخاب نوع خط‌کشی اجرایی در جدول ۳ اشاره شده است:

جدول ۲. عمر مفید انواع خط‌کشی‌ها

عمر مفید	روش اجرای	مواد خط‌کشی
۹	اسپری	رنگ سرد
۱۸	اسپری	رنگ گرم
۳۶	اسکرید	

همانطور که در مقدمه اشاره گردید، خط‌کشی معابر از دو منظر قابل بررسی و دارای اهمیت است:

۱. طرح خط‌کشی و مسائل مهندسی ترافیک
۲. اجرای خط‌کشی و مسائل فنی اجرایی و همچنین نوع رنگ مورد استفاده

جدول ۳. عوامل موثر در تعیین نوع خط‌کشی قابل اجرا در معبر

ردیف	دسته	عوامل
۱	وضعیت معبر	- نوع رویه

ردیف	دسته	عوامل
		- وضعیت روکش
		- وضعیت آسفالت
		- سلسله مراتب معبر
		- وضعیت تردد
		- بازتاب رنگ
		- سیاه‌شدگی رنگ
		- خرابی فیزیکی رنگ
۲	وضعیت رنگ	- طرح نامناسب
		- نوع رنگ قبلی
		- ضخامت باقی مانده
		- وضعیت دانه های شیشه ای
		- وضعیت بودجه
		- زمان اجرا و فصل سال
۳	سایر	- دوره ضمانت
		- آلودگی

ردیف	عوامل موثر
	ویژگیهای عمومی
۴	مشخصه‌های تشخیصی (درخشندگی در روز و شب) مشخصه‌های نوری خواص فیزیکی - مکانیکی
۵	کیفیت تجهیزات مصرفی
۶	مهارت پرسنل اجرایی

### ۳. روش تحقیق

در تحقیق حاضر بنا بر حسب نیاز از روش کتابخانه‌ای، میدانی و آماری جهت کسب نتایج مورد نظر در رابطه با تعیین نوع عملیات اجرایی خط‌کشی متناسب با شرایط معبر و پارامترهای تاثیرگذار بر آن استفاده شده است. راه‌های گردآوری اطلاعات در هر تحقیق بنا به نیاز و هدف آن تحقیق متفاوت می‌باشد. در این میان رایج‌ترین روش جمع‌آوری اطلاعات استفاده از پرسشنامه است که در تحقیق کنونی نیز از آن استفاده شده است.

کیفیت پایین مواد اولیه، بی ملاحظه‌گی‌های اجرایی نظیر عدم آماده‌سازی مناسب سطح روسازی، عدم محوریابی صحیح، نظارت و کنترل ضعیف فنی اجرای رنگ از جمله وضعیت کیفی رنگ نظیر وضعیت عمومی رنگ مصرفی، تیرگی خطوط<sup>۱</sup>، جدایش رنگی<sup>۲</sup>، وجود حباب و سوراخ شدگی<sup>۳</sup>، عدم رعایت مرزبندی<sup>۴</sup> و جاری شدن از لبه‌ها<sup>۵</sup>، ترک‌خوردگی<sup>۶</sup>، شیشه‌ای شدن<sup>۷</sup>، دهانه آتشفشانی شدن<sup>۸</sup>، پاشیدگی<sup>۹</sup>، تغییر رنگ<sup>۱۰</sup>، کلوخه‌ای شدن<sup>۱۱</sup> و غیره از جمله مسائل منجر به تنزل کیفیت ظاهری و عملکردی خط‌کشی‌ها در سطح شبکه راه‌ها می‌باشد. در حالت کلی، موارد مهم در اجرا را می‌توان مطابق جدول ۴ عنوان نمود:

جدول ۴. موارد موثر در اجرای خط‌کشی‌ها

ردیف	عوامل موثر
۱	آماده‌سازی سطح
۲	آکس‌بندی مناسب و رعایت ابعادی
۳	اجرای صحیح لایه آستری

۴. اجرای خط‌کشی با رنگ گرم ترافیکی به روش اسکرید
۵. زدودن سطح و سپس اجرای خط‌کشی با رنگ سرد ترافیکی به روش اسپری
۶. زدودن سطح و سپس اجرای خط‌کشی با رنگ سرد به روش اسپری با ضخامت دو برابر
۷. زدودن سطح و سپس اجرای خط‌کشی با رنگ گرم ترافیکی به روش اسپری
۸. زدودن سطح و سپس اجرای خط‌کشی با رنگ گرم ترافیکی به روش اسکرید
۹. شستشو

در این مقاله داده‌های مربوط به عملیات اجرایی خط‌کشی متناسب با حالت‌های مختلف از شاخص‌های انتخابی مورد ارزیابی قرار گرفته است. همانطوری که در جدول ۵ نشان داده شده است، در این پایگاه داده اطلاعات مربوط به شاخص‌های موثر در انجام عملیات خط‌کشی از قبیل نوع وضعیت روسازی (روکش، درزگیری، خرابی عملکردی، مناسب)، میزان بازتاب (خوب، ضعیف)، خرابی فیزیکی رنگ (دارد، ندارد)، درجه اهمیت معبر (پایین، متوسط، بالا)، فصل (سرد، گرم)، ضخامت رنگ قبلی (کم، متوسط، زیاد) ارائه گردیده است.

برای رسیدن به اهداف مذکور، این کار در چند مرحله انجام گردیده است. در همین راستا و جهت تعیین چارچوب مفهومی طراحی شده بر اساس پیشینه و ادبیات موضوع در مرحله‌ی اول پرسشنامه‌ای تهیه گردید و در اختیار متخصصان و کارشناسان این حوزه قرار گرفت. پس از آن در مرحله‌ی دوم به تحلیل داده‌های بدست آمده از نظرسنجی با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی پرداخته شده است.

### ۳-۱ شاخص‌های موثر

مطابق با آنچه که در مرور ادبیات مطرح گردید، از بین شاخص‌های مطرح شده، ۶ شاخص وضعیت روسازی، وضعیت بازتاب، خرابی فیزیکی رنگ، درجه اهمیت معبر، فصل اجرا و ضخامت رنگ قبلی که از اهمیت بالاتری در تعیین نوع خط‌کشی قابل اجرا برخوردار می‌باشد، انتخاب گردیده است. ۹ راهکار پیشنهادی نیز با توجه به حالت‌های مختلف از شاخص‌های انتخابی، به شرح زیر در نظر گرفته شد:

۱. اجرای خط‌کشی با رنگ سرد ترافیکی به روش اسپری
۲. اجرای خط‌کشی با رنگ سرد ترافیکی به روش اسپری با ضخامت دو برابر
۳. اجرای خط‌کشی با رنگ گرم ترافیکی به روش اسپری

جدول ۵. شاخص‌های موثر در انجام عملیات خط‌کشی و حالت‌های مختلف

نام متغیر	حالت‌های مختلف
روکش: مقاطعی که دارای روکش آسفالتی جدید می‌باشند که پس از گذشته سه هفته قابلیت اجرا خط-کشی دارد.	
وضعیت روسازی	درزگیری شده: مقاطعی که دارای ترک‌های طولی و عرضی پر شده با قیرهای امولسیون می‌باشند. مناسب: مقاطع فاقد خرابی‌های ظاهری، عملکردی و سازه‌ای
میزان بازتاب	خراب: دارای انواع خرابی‌ها نظیر ترک‌های طولی و عرضی، چاله‌ها و .. در سطح و شدت قابل توجه خوب: بازتاب مناسب در شب و دید کافی در روز ضعیف: عدم بازتاب مناسب در شب و یا عدم دید کافی در روز
خرابی فیزیکی رنگ	دارد: خط‌کشی دارای ترک‌های ترک‌های طولی، عرضی، شکستگی‌های سطحی، پهن‌شدگی ندارد: خط‌کشی دارای سطح مناسب و بی‌عیب

نام متغیر	حالت های مختلف
پایین: سلسله مراتب پایین و یا وضعیت تردد سبک	
متوسط: سلسله مراتب میانه و یا وضعیت تردد متوسط	
بالا: سلسله مراتب بالا و یا وضعیت تردد سنگین	
فصل	سرد: پاییز، زمستان (که در محدوده مجاز دمایی اجرای عملیات خط کشی باشد). گرم: بهار، تابستان
ضخامت رنگ قبلی	کم: ضخامت رنگ باقی مانده نسبت به وضعیت اولیه اجرایی کم می باشد. متوسط: اجرای خط کشی با ضخامت های متداول مشکلی ایجاد نمی کند. زیاد: به گونه ای که اجرای رنگ جدید ضخیم از محدوده ضخامت مجاز فراتر می رود.

### ۲-۳ درخت کلاسه بندی و رگرسیون

برای رسیدن به اهداف این مطالعه لازم بود تا از مفاهیمی چون درخت تصمیم و روش هایی برای یافتن متغیرهای مهمتر استفاده شود، بنابراین در ادامه و در شرح چگونگی روش تحقیق، به معرفی درخت تصمیم و روش CART که برای دسته بندی متغیر هدف لازم است، پرداخته می شود.

داده کاوی به عنوان یک علم، امکان تجزیه و تحلیل حجم بالایی از داده ها را فراهم می کند تا بتواند الگوهای مناسبی از آن استخراج نماید. چگونگی تحلیل ابزارهای داده کاوی در اینگونه داده ها و همچنین اطلاعاتی که این ابزارها فراهم می نمایند به روشی که استفاده می شود بستگی دارد. معمولترین روشهای مورد استفاده در دسته بندی عبارتند از: طبقه بندی با کمک قانون بیز، روش های طبقه بندی مبتنی بر یافتن شروط، الگوریتم های SVM، درخت تصمیم گیری، طبقه بندی براساس تشابه نزدیک (نزدیکترین همسایه knn)، رگرسیون، شبکه های عصبی، الگوریتم های ژنتیک، مجموعه های فازی، جنگل تصادفی و روش های ترکیبی از جمله روش Bayesian Boosting, Bagging و Adaboost.

درخت های تصمیم از محبوب ترین روش های طبقه بندی محسوب می شوند، که در آن نمونه ها را به نحوی دسته بندی میکند که از ریشه به سمت پائین رشد میکنند و در نهایت به گره های برگ میرسند و دزخت حاصل دارای شرایطی است.

دسته بندی یک نمونه از گره ریشه شروع شده و ویژگیهای مشخص شده توسط این گره مورد بررسی قرار میگیرد و آنگاه حرکت به سمت پایین شاخه درختی که متناظر با آن ویژگی است صورت میگیرد و این فرآیند برای زیردرختی که گره جدید ریشه آن میباشد، ادامه پیدا میکند تا به یک گره برگ برسیم و در این حالت گره برگ، ویژگی داده مورد نظر را برای ما مشخص می کند.

مدل های مختلف درخت تصمیم بطور عمومی در داده کاوی برای کاوش در داده ها و استنتاج قوانینی برای پیش بینی مورد استفاده قرار می گیرند. برخی از الگوریتم های مختلف برای ساخت درخت های تصمیم عبارتند از ID3، C4.5، CHAID، CART. همچنین معیارهای مختلفی برای تعیین صفتی که شکاف باید بر اساس آن انجام شود، وجود دارد، مانند معیار بهره اطلاعاتی<sup>۱۲</sup>، نسبت بهره<sup>۱۳</sup>، شاخص جینی<sup>۱۴</sup>، نسبت درست نمایی<sup>۱۵</sup> و معیار DKM.

#### • الگوریتم CART

نتیجه این الگوریتم یک درخت تصمیم دودویی است. بدین معنی که هر گره داخلی بطور دقیق دارای دو انشعاب است. از معیار Twoing استفاده میکند و روشی را نیز برای هرس کردن دارد. یکی از ویژگیهای مهم CART توانایی تولید درختان رگرسیون است. برگها در چنین درختی یک عدد واقعی را به جای برچسب کلاس تخمین میزنند. یکی از خروجی های روش CART شاخص اهمیت متغیر است. روش محاسبه این

شناسایی عوامل موثر در تعیین استراتژی خط‌کشی‌های ترافیکی شبکه معابر شهر تهران با استفاده از داده‌کاوی به روش مدل درخت تصمیم

ناخالصی را از فرمول زیر محاسبه و هر صفتی که آن را به حداکثر برساند، برگزید.

$$Gini(A) = Gini(D) - Gini_A(D)$$

#### ۴. تحلیل نتایج

در این مقاله، مدلی به منظور تحلیل و شناسایی عوامل موثر بر خط‌کشی اجرایی معابر با استفاده از روش CART ارائه شده و به منظور ساخت این درخت از نرم‌افزار SPSS19 استفاده گردیده است.

برای ایجاد درخت تصمیم ۴۴۶ ردیف داده مورد استفاده قرار گرفته است که به طور تصادفی ۷۰٪ این تعداد به داده‌های آموزش درخت اختصاص داده شده و ۳۰٪ مابقی به عنوان داده‌های ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفته است. در ساخت درخت از روش هرس کردن نیز برای حصول درختی ساده و قابل فهم استفاده شده است. حداقل تعداد مورد نظر برای گره مادر ۵۰ و برای گره فرزند ۱۰ عدد در نظر گرفته شده است.

شاخص در مدل‌های مختلف فرق دارد که عمدتاً بر اساس آزمون کای دو و ضریب جینی است.

#### • معیار Gini Index

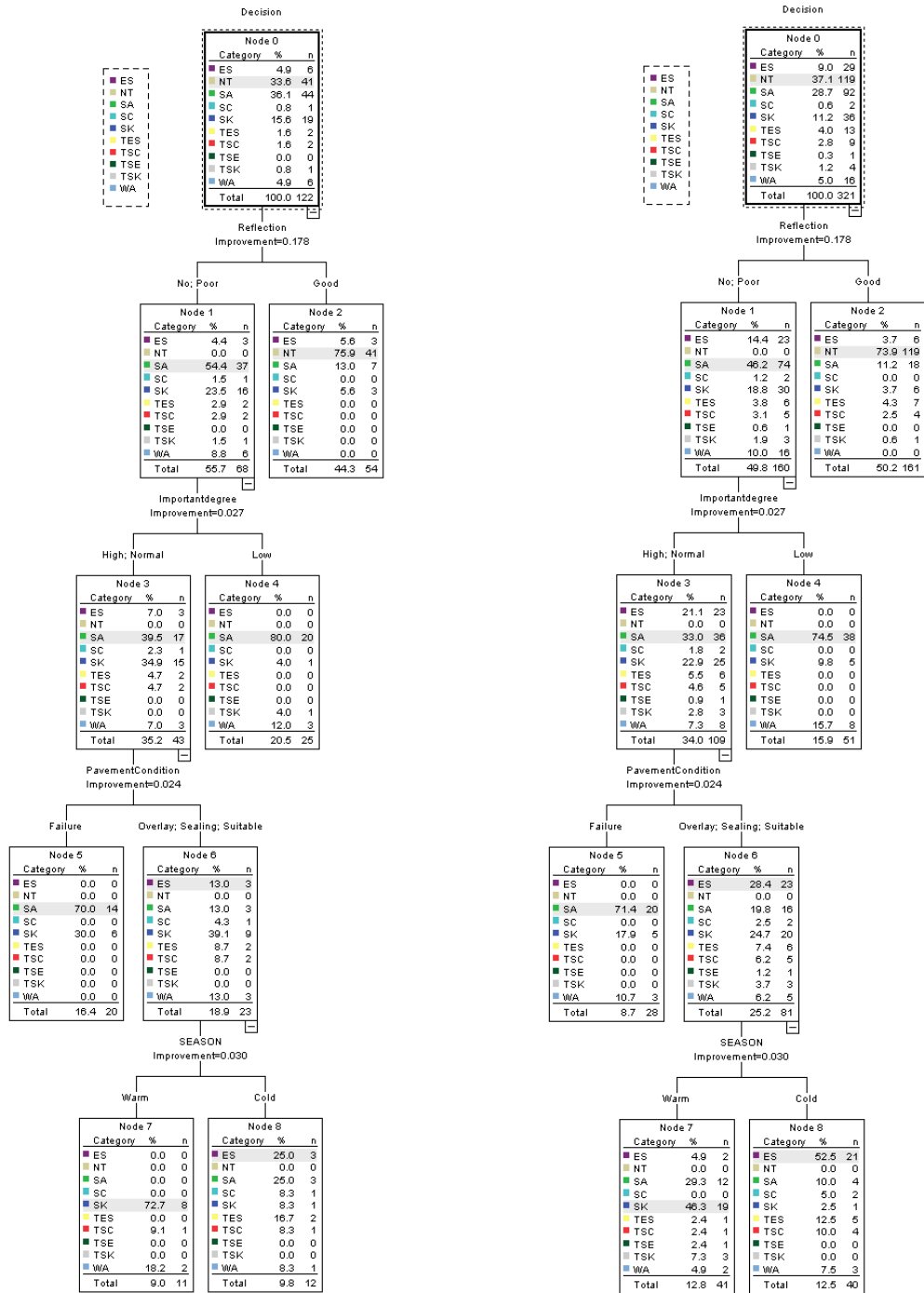
جهت محاسبه این معیار برای داده‌های D از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$Gini(D) = 1 - \sum_{i=1}^c P_i^2$$

که در آن c تعداد کلاس‌های موجود در داده‌ها و  $P_i$  احتمال تعلق نمونه‌ای از داده‌ها به کلاس  $i$ ام را نشان می‌دهند. این معیار در درخت یک انشعاب دودویی را برای هر یک از صفات خاصه ایجاد می‌کند. اگر مجموعه داده‌ی D برای صفت خاصه-ی A به دو زیرمجموعه‌ی  $D_1$  و  $D_2$  تقسیم شود، داریم

$$Gini_A(D) = \frac{|D_1|}{|D|} * Gini(D_1) + \frac{|D_2|}{|D|} * Gini(D_2)$$

برای هر یک از صفات خاصه، تمام حالت‌های دسته‌بندی دودویی در نظر گرفته می‌شوند. پس از محاسبه‌ی Gini Index برای همه‌ی حالات، مقدار حداقل انتخاب می‌شود. به عبارت دیگر در نهایت از میان صفات خاصه، هر کدام که مقدار Gini Index آن کوچکتر است، برای گره‌ی جاری درخت تصمیم در نظر گرفته می‌شود. می‌توان درجه‌ی



شکل ۲. مدل درخت تصمیم برای داده های آموزش درخت (سمت راست) و داده های ارزیابی درخت (سمت چپ)

بدست آمده در کمترین مقدار خود قرار داشته و قابل قبول می باشد. و در بررسی پارامتر مهم صحت پیش بینی برای مدل درخت تصمیم داده های آموزش درخت ۶۷/۶٪ و مدل ارزیابی درخت ۷۰/۵٪ بدست آمده است که با توجه به

جدول ۶ ویژگی های درخت تصمیم بدست آمده را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می شود خطای استاندارد برای هر دو مدل درخت تصمیم کمتر ۰/۰۵ بوده و در محدوده قابل قبول قرار دارد. شاخص ریسک تخمین برای تمامی درختان

شناسایی عوامل موثر در تعیین استراتژی خط‌کشی‌های ترافیکی شبکه معابر شهر تهران با استفاده از داده‌کاوی به روش مدل درخت تصمیم

رنگ سرد با ضخامت بیشتر جهت گذراندن فصل گرما و حصول شرایط مناسب جهت اجرای رنگ‌های گرم در معابر با درجه اهمیت متوسط و زیاد می‌باشد. جدول ۷ میزان اهمیت هر متغیر در مدل درخت تصمیم (VIM) ارائه شده را نشان می‌دهد.

جدول ۷. میزان اهمیت هر متغیر در مدل

میزان اهمیت نرمال شده	میزان اهمیت	نام متغیر
٪ ۱۰۰	۰/۱۷۸	بازتاب
٪ ۲۷/۷	۰/۰۴۹	درجه اهمیت معبر
٪ ۲۲/۷	۰/۰۴۱	شرایط آب و هوایی
٪ ۱۶/۶	۰/۰۳۰	وضعیت رویه آسفالت
٪ ۱۱/۱	۰/۰۲۰	وضعیت فیزیکی خط کشی
٪ ۷/۹	۰/۰۱۴	ضخامت رنگ خط- کشی موجود

بررسی میزان اهمیت شاخص‌های تصمیم‌گیری نشانگر این مطلب است که میزان بازتاب خط کشی‌های موجود نسبت به سایر شاخص‌های تصمیم‌گیری در رویکرد اجرای خط کشی معابر از اهمیت بالاتری برخوردار بوده است. بر اساس مدل درخت تصمیم بدست آمده بازتاب خط کشی نقش موثری در تجدید یا عدم نیاز به تجدید خط کشی را ایفا می‌نماید.

## ۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مدل درخت تصمیم، CART نشان داد که می‌تواند به عنوان ابزاری برای تحلیل و شناسایی عوامل تاثیرگذار بر روی تعیین خط‌کشی اجرایی استفاده شود. بر اساس نتایج بدست آمده، بازتاب خط‌کشی و درجه اهمیت معبر مهمترین عامل تاثیرگذار قرار گرفتند. همچنین نتایج نشان می‌دهد اجرای رنگ سرد با ضخامت بیشتر جهت گذراندن فصل گرما و حصول شرایط

مطالعات پیشین در محدوده مطلوب قرار داشته و در بین سایر درخت‌های ایجاد شده از بیشترین صحت پیش بینی برخوردار می‌باشد.

جدول ۶. پارامترهای مدل درخت تصمیم ارائه شده

نوع داده	ریسک تخمین	خطای استاندارد	صحت پیش بینی
داده های آموزش درخت	۰/۲۳۴	۰/۰۲۶	٪ ۶۷/۶
داده های ارزیابی درخت	۰/۲۹۵	۰/۰۴۱	٪ ۷۰/۵

درخت تصمیم بدست آمده نشان می‌دهد که میزان بازتاب خط کشی‌های ترافیکی نقش موثری در تجدید یا عدم تجدید خط کشی‌ها دارد. در مرحله بعد درجه اهمیت معبر در انتخاب رویکرد اجرای خط کشی موثر می‌باشد. از آنجا که در ساخت درخت تصمیم از الگوریتم رشد دودویی CART استفاده شده است، میزان درجه اهمیت معبر متوسط و زیاد در یک شاخه و درجه اهمیت معبر کم در شاخه‌ای دیگر قرار گرفته است و با ارائه راهکار رنگ سرد برای معابر با اهمیت کم شاخه قطع شده است. در مرحله بعدی درخت تصمیم برای معابر با درجه اهمیت متوسط و زیاد وضعیت رویه آسفالت مورد بررسی قرار می‌گیرد و در این حالت نیز با ارائه راهکار رنگ سرد برای معابری که وضعیت رویه آنها خراب می‌باشد، شاخه قطع شده است. قابل ذکر است که در این مطالعه نقش خط‌کشی در تامین ایمنی معابر را بسیار موثر دانسته شده است و معبری که عملکردی نامناسبی از نظر خط‌کشی ترافیکی داراست، نایمن شناخته شده است. بر اساس مدل، معبری که دارای درجه اهمیت متوسط و زیاد بوده و وضعیت رویه آسفالتی آن در محدوده قابل قبولی قرار داشته باشد در فصل سرما اجرای خط کشی اسپری و در فصل گرما اجرای رنگ خط کشی سرد با ضخامت بیشتر پیشنهاد شده است. قابل توجه است که اجرای

- مفاهیم و تکنیک‌های داده‌کاوی، ۱۳۹۱، مهدی اسماعیلی، نیاز دانش، ۴۳۷.

- Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific, 2013, Safe road infrastructure design for highway, No. 83.

- Witt.A, Smith.R, Visser.A, 2000, Durability and cost effectiveness of road marking paint, South African Transport Conference.

- R. Timofeev, 2004, Classification and Regression Trees (CART) Theory and Application. A Master Thesis, Berlin.

- Pavement Marking Manual, 2015, Department of Planning, Transport and Infrastructure, Safety and Service Division, 159.

- IBM SPSS Decision Trees, 1989, IBM Corp, 104.

- I. H. Witten and E. Frank, Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 2nd Decision Tree Edition, Elsevier Inc., 2005.

مناسب جهت اجرای رنگ‌های گرم در معابر با درجه اهمیت متوسط و زیاد می‌باشد.

## ۶. پی‌نوشت‌ها

1. Blackening
2. De-bonding (Flaking-off)
3. Pinholes
4. No distinctive edge
5. Flowing
6. Cracks
7. Shiny (Glossy)
8. Cratering
9. Splattering
10. Discoloring
11. Lumps
12. Information Gain
13. Gain Ratio
14. Gini Index
15. Likelihood Ratio

## ۷. مراجع

- مجله تخصصی اپیدمیولوژی ایران، ۱۳۸۸، تدوین شاخص سنجش عملکرد ایمنی راه‌های کشور، شماره ۳، ۷-۱۳.

- راهنمای طراحی و اجرای خط‌کشی راه‌ها، ۱۳۸۷، وزارت راه و ترابری، پژوهشکده حمل و نقل، ۵۶۸.

- استانداردهای فنی: مشخصات فنی اجرا و نگهداری خط-کشی‌های معابر شهری، ۱۳۹۴، نظام فنی و اجرایی شهرداری تهران، ۴۳.

- عطایی، الف، اسماعیلی، م، پیاده‌سازی اتوماسیون پیش‌بینی وضعیت ترافیک جاده‌ای تکنیک با استفاده از تکنیک‌های داده کاوی، ۱۳۹۴، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران.