فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و پنجم، شماره ۱۰۰، بهار ۱۴۰۴، ص. ۴۶-۳۳

# نظارت جمعی برای کنترل حوادث ترافیکی با استفاده از بلاکچین

مسعود بوربور

مدرس دانشگاه

**E-mail: sabor_345@yahoo.com**

## چکیده

*رویکرد نظارت جمعی[1] مردمی از سال‌های اخیر به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در پیشگیری و کنترل جرائم در جوامع مطرح بوده است که یکی از کاربردهای مؤثر آن در کنترل و مدیریت حوادث ترافیکی است. این رویکرد از مشارکت فعال شهروندان در گزارش‌دهی تخلفات، شناسایی نقاط حادثه‌خیز و بهبود ایمنی جاده‌ها استفاده می‌کند. رویکرد نظارت جمعی مردمی با گزارش دهی سریع تخلفات، شناسایی نقاط حادثه‌خیز، افزایش آگاهی عمومی و ایجاد حس مسئولیت‌پذیری می‌تواند تأثیر قابل محسوسی بر کاهش میزان تخلفات و حوادث ترافیکی داشته باشد. از طرف دیگر در سال‌های اخیر با رشد و توسعه فناوری بلاکچین خلأ ایجاد شبکه ارتباطی بین مردم و پلیس در این حوزه مرتفع گردید و برخی کشورها مانند چین، استونی و امارات متحده عربی از این فناوری در پیاده‌سازی رویکرد نظارت جمعی مردمی استفاده کرده‌اند. استفاده از فناوری بلاک‌چین برای نظارت جمعی در حوزه‌های مختلف، ازجمله ایمنی ترافیک و کاهش تصادفات رانندگی، یک رویکرد نوآورانه است. بلاک‌چین به دلیل ویژگی‌هایی مانند شفافیت، امنیت و تغییرناپذیری، می‌تواند به‌عنوان یک پلتفرم غیرمتمرکز برای جمع‌آوری و مدیریت داده‌های ترافیکی استفاده شود. این مقاله به بررسی چگونگی مشارکت شهروندان در گزارش‌دهی تصادفات، شناسایی نقاط حادثه‌خیز و بهبود سیستم‌های مدیریت ترافیک با استفاده از بلاکچین می‌پردازد و مزایا و چالش‌های استفاده از بلاک‌چین در این حوزه مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در انتهای مقاله بر بررسی فرصت و چالش‌های پیاده‌سازی این طرح در کشور ایران می‌پردازیم و بر اساس این پیش‌فرض‌ها مدل و معماری برای پیاده‌سازی طرح در کشور پیشنهاد می‌گردد. در این مدل به چارچوب کلان پرداخته‌شده و جزئیات در طرح فنی قابل‌ارائه خواهد بود.*

**واژه‌های کلیدی**: نظارت جمعی، حوادث ترافیکی، مدیریت ترافیک، بلاکچین

## ۱. مقدمه

ایمنی ترافیک یکی از اساسی‌ترین عوامل در مدیریت حمل‌ونقل و جاده‌ها است که می‌تواند تأثیر چشمگیری در کاهش تلفات جانی و مالی داشته باشد. مهم‌ترین اهداف ایمنی ترافیک شامل پیشگیری از تصادفات، محافظت از کاربران آسیب‌پذیر، مدیریت شرایط اضطراری، کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم و افزایش بهره‌وری اقتصادی است که از طریق آموزش و فرهنگ‌سازی، طراحی جاده‌های ایمن، سیستم‌های نظارتی و هوشمند، به‌کارگیری ظرفیت مردمی و نظارت جمعی، وضع قوانین و اجرای آن‌ها حاصل می‌گردند. افزایش اعتماد عمومی و کاهش آلودگی هوا از مزایای اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از تحقق اهداف ایمنی ترافیک می‌باشند. بهبود ایمنی ترافیک نه‌تنها جان انسان‌ها را حفظ می‌کند بلکه ازلحاظ مالی، اقتصادی و اجتماعی نیز تأثیرات بسیار مثبتی دارد. کشورهایی مانند سوئد، هلند، استرالیا، ژاپن، آلمان و آمریکا با رویکردی موسوم به کاهش تلفات جاده‌ای به صفر[۲] با اقدامات کلیدی و اساسی نظیر استفاده از فناوری‌های نوین مانند حسگرها و دوربین‌ها برای کنترل سرعت، ایجاد مسیرهای جداگانه برای عابران پیاده و دوچرخه‌سواران، استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای شناسایی خطرات قبل از وقوع تصادف، نصب حسگرهای هوشمند در بزرگراه‌ها برای شناسایی رفتارهای خطرناک رانندگان، توسعه سیستم‌های هشدار برای اطلاع‌رسانی به رانندگان در مورد خطرات پیش رو، استفاده از سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند[۳] برای تحلیل و پیش‌بینی جریان ترافیک، به‌کارگیری سامانه‌های هشدار زودهنگام برای اطلاع‌رسانی به رانندگان در مورد وضعیت آب‌وهوا و جاده، افزایش ایمنی در شبکه گسترده اتوبان‌ها با سرعت‌های بالا، نصب سیستم‌های هشدار هوشمند برای کنترل سرعت و فاصله بین خودروها، استفاده از سیستم‌های خودکار تشخیص تصادفات و امدادرسانی سریع، به‌کارگیری فناوری خودروهای خودران و هوش مصنوعی برای کاهش خطای انسانی و استفاده از سیستم‌های پیشرفته‌ای مانند ترمز اضطراری خودکار و شناسایی موانع، در زمینه ایمنی ترافیک پیشرو هستند. این کشورها با به‌کارگیری فناوری، زیرساخت‌های نوآورانه و سیاست‌های پیشگیرانه موفق شده‌اند ایمنی ترافیک را افزایش دهند و تلفات جاده‌ای را کاهش دهند. این دستاوردها می‌توانند الگویی الهام‌بخش برای سایر کشورها باشند. یکی از مهم‌ترین راهبردهای این‌گونه کشورها به‌کارگیری ظرفیت مردمی و نظارت جمعی است. نظارت جمعی[۴] به‌عنوان یکی از رویکردهای نوآورانه در بهبود ایمنی جاده‌ها شناخته شده است. این روش بر مشارکت عمومی و استفاده از فناوری برای جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات در زمینه ترافیک و ایمنی جاده‌ها متکی است. نظارت جمعی فرآیندی است که در آن اطلاعات مربوط به جاده‌ها، ترافیک و حوادث از سوی کاربران جاده (مانند رانندگان، عابران پیاده یا دوچرخه‌سواران) جمع‌آوری و تحلیل می‌شود. این اطلاعات معمولاً از طریق اپلیکیشن‌ها یا پلتفرم‌های مبتنی بر وب به اشتراک گذاشته می‌شوند. اپلیکیشن‌های موبایل نظیر ویز[۵] و گوگل مپ[۶]، حسگرهای اینترنت اشیاء[۷]، پلتفرم‌های شبکه‌های اجتماعی، هوش مصنوعی و تحلیل داده جزء ابزارهای نظارت جمعی می‌باشند. نظارت جمعی یک راهکار مؤثر و کم‌هزینه برای بهبود ایمنی جاده‌ها است که با توجه به رشد فناوری و تلفن‌های همراه هوشمند و شبکه‌های ارتباطی زنجیره بلوک[۸] به‌طور روزافزون محبوب‌تر می‌شود. یکی از اساسی‌ترین چالش‌های پیاده‌سازی نظارت جمعی نیاز به شبکه ارتباطی گسترده، شفاف، قابل‌اطمینان و سریع بود که با پیدایش شبکه بلاکچین و به دنبال آن هوش مصنوعی بسیاری از مشکلات ارتباطی رفع گردید. بلاکچین یک فناوری نوآورانه است که به‌عنوان یک دفتر کل دیجیتالی توزیع‌شده و غیرقابل تغییر شناخته می‌شود. این فناوری امکان ثبت، ذخیره و انتقال اطلاعات را به‌صورت ایمن و شفاف فراهم می‌کند. بلاک‌چین به‌عنوان یک سیستم غیرمتمرکز، داده‌ها را در چندین گره[۹] ذخیره می‌کند. این

ویژگی باعث می‌شود که هیچ مرکزی کنترل‌کننده کل شبکه نباشد. داده‌هایی که به بلاک‌چین اضافه می‌شوند، نمی‌توانند تغییر کنند و این ویژگی باعث افزایش امنیت می‌شود. تمام تراکنش‌ها و داده‌ها قابل‌مشاهده برای تمام اعضای شبکه است و باعث شفافیت می‌شود. این ویژگی‌ها موجب افزایش امنیت، شفافیت، سرعت و کاهش هزینه‌ها شده است. بلاکچین در حوزه‌های مختلفی ازجمله مالی، لجستیک و زنجیره تأمین، سلامت، انرژی، هنر و حمل‌ونقل ترافیک کاربرد دارد. فناوری بلاک‌چین می‌تواند نقش کلیدی در تسهیل نظارت جمعی مردمی برای کنترل حوادث ترافیکی ایفا کند. بلاکچین امکان جمع‌آوری و ثبت گزارشات مردمی، دسترسی عمومی، رمزنگاری داده‌ها، اعتبار سنجی گزارشات، مدیریت بلادرنگ حوادث و هشدار دهی سریع و تصمیم‌گیری خودکار را برای نظارت جمعی مردمی یا حسگرهای ترافیکی فراهم می‌کند. در این مقاله به بررسی نقش بلاک‌چین در تسهیل نظارت جمعی مردمی برای کنترل حوادث ترافیکی می‌پردازیم.

## ۲. ادبیات پژوهش

تحقیقات متعددی در زمینه نظارت جمعی و مشارکت مردمی در کنترل ترافیک انجام شده است که به بررسی نقش و تأثیر این رویکرد در بهبود مدیریت ترافیک و کاهش مشکلات مرتبط پرداخته‌اند. در ادامه، به چند نمونه از این تحقیقات اشاره می‌کنم:

### ۲-۱ مدیریت ترافیک شهری و استفاده از مشارکت‌های مردمی

این تحقیق به بررسی نقش مشارکت مردمی در مدیریت ترافیک شهری پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که بسیاری از مردم آمادگی همکاری برای رفع مشکلات ترافیکی را دارند. همچنین، این مطالعه به اهمیت شناسایی زمینه‌هایی که شهروندان می‌توانند در آن‌ها مشارکت کنند، تأکید کرده است.

### ۲-۲ بررسی نقش مشارکت اجتماعی مردمی در مدیریت ترافیک شهری

این پژوهش که در منطقه ۶ تهران انجام شده است، نشان می‌دهد که مشارکت اجتماعی شهروندان می‌تواند به تسهیل سیستم حمل‌ونقل شهری کمک کند. این تحقیق همچنین به رابطه بین آموزش، فرهنگ‌سازی و مشارکت شهروندان در مدیریت ترافیک پرداخته است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که: ۱) ارائه آموزش‌هایی در زمینه قوانین راهنمایی و رانندگی باعث افزایش آگاهی شهروندان و مشارکت آن‌ها در کاهش تخلفات می‌شود. ۲) استفاده از اپلیکیشن‌ها و ابزارهای موبایلی به شهروندان این امکان را می‌دهد که در گزارش شرایط جاده‌ای و تخلفات همکاری کنند.

### ۲-۳ استفاده از مشارکت مردمی برای مدیریت ترافیک

این مطالعه به بررسی دیدگاه کارشناسان پلیس راهنمایی و رانندگی درباره جلب مشارکت مردمی پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که افسران راهنمایی و رانندگی با جلب مشارکت مردم برای اعمال قانون و ایمن‌سازی معابر موافق هستند. همچنین، تجهیز مردم به ابزارهای مستندسازی تخلفات به‌عنوان یک راهکار مؤثر پیشنهاد شده است.

تحقیقاتی در اروپا و آمریکا نیز نشان داده‌اند که: ۱) تلفن‌های همراه هوشمند و اپلیکیشن‌ها نقش کلیدی در جمع‌آوری داده‌های بلادرنگ از کاربران داشته‌اند، ۲) استفاده از فناوری بلاک‌چین برای تضمین صحت داده‌های کاربران، به افزایش اعتماد عمومی به سیستم کمک کرده است، ۳) تحلیل داده‌های نظارت جمعی برای مدیریت ترافیک بلادرنگ و ارائه مسیرهای جایگزین به رانندگان توسط سیستم‌های خودکار تصمیم‌گیر استفاده شده است.

این تحقیقات نشان می‌دهند که مشارکت مردمی می‌تواند نقش مهمی در بهبود مدیریت ترافیک و کاهش مشکلات مرتبط داشته باشد. این داده‌ها و نتایج پژوهش‌ها می‌توانند به‌عنوان پایه‌ای برای طراحی سیستم نظارت جمعی مؤثر در ایران مورداستفاده قرار گیرند.

## ۳. روش پژوهش

### ۳-۱ روش‌های جمع‌آوری داده‌ها از طریق نظارت جمعی

جمع‌آوری داده‌ها از طریق نظارت جمعی یکی از روش‌های کارآمد در مدیریت ترافیک و بهبود ایمنی جاده‌ها است. این روش، با بهره‌گیری از فناوری‌های مدرن و مشارکت مردمی، امکان دستیابی به اطلاعات دقیق و بلادرنگ را فراهم می‌کند. در ادامه، روش‌های اصلی جمع‌آوری داده‌ها از طریق نظارت جمعی توضیح داده می‌شود:

#### ۳-۱-۱ اپلیکیشن‌های موبایل

اپلیکیشن‌های موبایل نقش مهمی در جمع‌آوری و به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها ایفا می‌کنند. برخی از ویژگی‌ها و مزایای این اپلیکیشن‌ها، گزارش مشکلات جاده‌ای، مکان‌یابی خودکار با GPS، هشدارهای بلادرنگ به کاربران دیگر است.

#### ۳-۱-۲ حسگرهای اینترنت اشیاء[10]

حسگرهای هوشمند نصب‌شده در خودروها، حسگرهای سرعت و ترافیک، حسگرهای تشخیص پلاک حسگرهای محیطی در جاده‌ها و زیرساخت‌های ترافیکی داده‌های بلادرنگ و دقیقی ارائه می‌دهند.

#### ۳-۱-۳ دوربین‌های نظارتی و سیستم‌های بینایی کامپیوتری

دوربین‌های نظارتی نصب‌شده در جاده‌ها و تقاطع‌ها یکی از منابع کلیدی داده‌های ترافیکی هستند که به تشخیص تصادفات، تحلیل جریان ترافیک، کنترل چراغ‌های راهنمایی کمک می‌کنند.

#### ۳-۱-۴ شبکه‌های اجتماعی و داده‌های جمعی

پلتفرم‌های شبکه‌های اجتماعی مانند توییتر یا اینستاگرام نیز به‌عنوان منابع داده برای جمع‌آوری گزارش‌های عمومی و تحلیل بلادرنگ در نظارت جمعی استفاده می‌شوند.

#### ۳-۱-۵ دستگاه‌های ارتباطات بین‌خودرویی[11] و خودرو به زیرساخت[12]

در ارتباطات خودرو به خودرو، خودروها داده‌های مربوط به سرعت، موقعیت و شرایط جاده را با یکدیگر به اشتراک می گذارند و در ارتباطات خودرو به زیرساخت، خودروها اطلاعاتی را به زیرساخت‌های جاده‌ای مانند چراغ‌ها راهنمایی ارسال می کنند. این تبادل داده در نظارت جمعی بسیار مهم است.

### ۳-۲ استفاده از بلاک‌چین برای ثبت و مدیریت داده‌های ترافیکی

برای پیاده‌سازی یک سیستم مدیریت داده‌های ترافیکی مبتنی بر بلاک‌چین باید به ویژگی‌ها، چالش‌ها و زیرساخت‌های محلی توجه ویژه‌ای داشت من‌جمله:

الف) انتخاب نوع بلاک‌چین: اولین قدم انتخاب نوع بلاک چین است. بلاک چین می‌تواند به شکل خصوصی و اختصاصی یک سازمان یا به شکل کنسرسیومی و مشارکت چند سازمان شکل بگیرد.

ب) ساختار و گره‌های شبکه: ما در شبکه بلاکچین گره‌های اصلی مانند شهرداری‌ها، پلیس راهنمایی و رانندگی و سازمان حمل‌ونقل ترافیک و در گره‌های فرعی شرکت‌های بیمه، استارتاپ های مرتبط با حمل‌ونقل و مراکز علمی و دانشگاه برای تحلیل داده‌ها را داریم.

پ. فرآیند ثبت داده‌ها: داده‌های جمع‌آوری‌شده (مانند تصادفات، تراکم ترافیک، یا خرابی جاده‌ها) به‌صورت بلادرنگ در بلاک‌چین ذخیره می‌شوند. هر بلاک شامل زمان، مکان، نوع داده و شناسه منحصربه‌فرد است.

ت. امنیت و شفافیت: از الگوریتم‌های رمزنگاری برای حفاظت از داده‌ها و حریم خصوصی کاربران استفاده می‌شود. از طرف دیگر همه گره‌های شبکه می‌توانند داده‌ها را مشاهده و تأیید کنند.

### ۳-۳ اعتبارسنجی داده‌ها و جلوگیری از گزارش‌های جعلی

اعتبارسنجی داده‌ها و جلوگیری از گزارش‌های جعلی در سیستم‌های نظارت جمعی برای مدیریت ترافیک بسیار حیاتی

است. داده‌های نادرست می‌توانند باعث تصمیم‌گیری اشتباه و کاهش اعتماد کاربران به سیستم شوند. در ادامه، فرآیند اعتبارسنجی داده‌ها و راهکارهای جلوگیری از گزارش‌های جعلی می‌تواند شامل:

### ۳-۳-۱ فرآیند اعتبارسنجی داده‌ها

اعتبارسنجی داده‌ها شامل چند مرحله است که در هر مرحله صحت و دقت داده‌ها بررسی می‌شود:

الف. جمع‌آوری چند منبعی داده‌ها: استفاده از داده‌های چندین منبع مانند حسگرهای اینترنت اشیاء، دوربین‌های نظارتی و گزارش‌های کاربران) برای مقایسه و تطبیق داده‌ها. به‌طور مثال اگر چندین کاربر وقوع تصادف را در یک مکان خاص گزارش دهند و حسگرها نیز کاهش سرعت در آن مکان ثبت کنند، احتمال صحت گزارش افزایش می‌یابد.

ب. تحلیل بلادرنگ داده‌ها: استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای تحلیل بلادرنگ داده‌ها و شناسایی تناقضات. به‌طور مثال اگر گزارش کاربری با داده‌های حسگرها و دوربین‌های نظارتی هم‌خوانی نداشته باشد، سیستم می‌تواند آن را نشانه‌گذاری کند.

پ. امتیازدهی به کاربران: ایجاد یک سیستم امتیازدهی برای کاربران بر اساس میزان دقت گزارش‌های قبلی آن‌ها. در حقیقت کاربران با سابقه گزارش‌های معتبر، امتیاز بیشتری کسب می‌کنند و گزارش‌های آن‌ها ارزش بیشتری خواهد داشت.

ت. الگوریتم‌های شناسایی ناهنجاری: استفاده از الگوریتم‌های شناسایی ناهنجاری برای تشخیص داده‌های مشکوک یا غیرمنطقی. به‌طور مثال اگر داده‌ای مانند تراکم ترافیک غیرمعمول در زمان خلوت گزارش شود، سیستم آن را بررسی می‌کند.

### ۳-۳-۲ جلوگیری از گزارش‌های جعلی

برای کاهش و جلوگیری از ورود گزارش‌های جعلی، می‌توان از راهکارهای زیر استفاده کرد:

الف. احراز هویت کاربران: کاربران باید از طریق شناسه‌های معتبر (مانند شماره تلفن یا ایمیل) ثبت‌نام کنند تا از ایجاد حساب‌های جعلی جلوگیری شود.

ب. ثبت مکان جغرافیایی (GPS): گزارش‌های ارسال‌شده باید با مکان جغرافیایی دقیق همراه باشند. این مکان می‌تواند به‌صورت خودکار از طریق GPS دستگاه کاربر ثبت شود.

پ. ترکیب داده‌های حسگرها و گزارش‌های مردمی: گزارش‌های کاربران تنها در صورتی معتبر تلقی می‌شوند که توسط داده‌های حسگرها یا دوربین‌های نظارتی پشتیبانی شوند.

ت. آموزش و فرهنگ‌سازی: اطلاع‌رسانی به کاربران در مورد اهمیت گزارش‌های دقیق و پیامدهای منفی گزارش‌های جعلی و همچنین معرفی پیامدهایی مانند مسدود کردن حساب یا کاهش امتیاز برای کاربران متخلف.

ث. استفاده از قراردادهای هوشمند: قراردادهای هوشمند می‌توانند به‌صورت خودکار صحت گزارش‌ها را بررسی کرده و امتیازات کاربران را به‌روزرسانی کنند. به‌طور مثال اگر گزارشی توسط چند منبع معتبر تأیید شود، قرارداد هوشمند می‌تواند پاداشی به کاربر ارسال‌کننده ارائه کند.

### ۳-۳-۳ تکنولوژی‌های مورداستفاده در اعتبارسنجی

الف) هوش مصنوعی و یادگیری ماشین: تحلیل الگوها و پیش‌بینی تناقضات در داده‌های دریافتی.

ب) بلاک‌چین: ذخیره و ثبت گزارش‌ها به‌صورت شفاف و غیرقابل تغییر.

پ) پردازش تصویر و بینایی کامپیوتری: تطبیق گزارش‌های مردمی با تصاویر ثبت‌شده توسط دوربین‌ها.

### ۳-۳-۴ مثال عملی برای ایران

فرض کنید یک اپلیکیشن گزارش ترافیکی در تهران طراحی شده است:

۱. کاربر گزارش تصادفی در بزرگراه همت ثبت می‌کند.

۲. سیستم مکان جغرافیایی گزارش را ثبت کرده و با داده‌های حسگرهای ترافیکی تطبیق می‌دهد.

۳. اگر گزارش با کاهش سرعت در همان مکان همخوانی داشته باشد و توسط کاربرانی با امتیاز بالا ثبت شده باشد، سیستم آن را معتبر تلقی می‌کند.

۴. سیستم به سایر کاربران هشدار بلادرنگ ارسال کرده و اطلاعات ثبت‌شده را برای پلیس راهور ذخیره می‌کند.

### ۳-۴ تحلیل و مدیریت داده‌ها

#### ۳-۴-۱ استفاده از قراردادهای هوشمند[۱۳]

از قراردادهای هوشمند برای تشخیص و مدیریت خودکار حوادث ترافیکی استفاده می‌شود. به‌عنوان‌مثال، وقوع تصادف می تواند به‌طور خودکار تیم امدادی را مطلع کند.

#### ۳-۴-۲ تحلیل داده‌ها

در این بخش می‌توان از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی تراکم ترافیک و پیشنهاد مسیرهای جایگزین استفاده کرد. همچنین تحلیل دیگر می‌تواند بررسی الگوهای رفتاری برای شناسایی مناطق پرتصادف و نیازمند بهبود باشد.

#### ۳-۴-۳ ارائه خدمات

پس از تحلیل می‌توان خدماتی مانند هشدارهای بلادرنگ درباره تصادفات، انسداد جاده‌ها یا شرایط خطرناک و همچنین نمایش مسیرهای پیشنهادی و وضعیت ترافیک را ارائه داد.

### ۳-۵ معرفی سیستم‌های پاداش‌دهی مبتنی بر توکن‌های دیجیتال برای تشویق مشارکت‌کنندگان

در حوزه مدیریت ترافیک، سیستم‌های پاداش‌دهی مبتنی بر توکن‌های دیجیتال می‌توانند به بهبود رفتار رانندگان و ارتقاء ایمنی جاده‌ها کمک کنند. این سیستم‌ها، با ترکیب فناوری بلاک‌چین، تحلیل داده‌ها و هوش مصنوعی، انگیزه‌های مالی و اجتماعی برای کاربران ایجاد می‌کنند. برای پیاده‌سازی سیستم پاداش‌دهی ارکان زیر نیاز است:

#### ۳-۵-۱ ساختار کلی سیستم پاداش‌دهی در مدیریت ترافیک

الف) فعالیت‌های مشمول پاداش‌دهی: رانندگان می‌توانند در ازای رفتارهای مثبت در ترافیک، توکن‌های دیجیتال دریافت کنند. برخی از این فعالیت‌ها عبارت‌اند از: ۱) رعایت قوانین رانندگی، ۲) گزارش مشکلات جاده‌ای و ترافیکی، ۳) رانندگی ایمن، ۴) استفاده از مسیرهای جایگزین و توجه به فرمان پلیس

ب) تبدیل فعالیت‌ها به توکن دیجیتال: رفتار مثبت هر راننده به امتیاز تبدیل می‌شود. به‌طور مثال رعایت سرعت مجاز به مدت یک ساعت ۱۰ امتیاز گزارش تصادف یا خرابی جاده ۵ امتیاز. سپس امتیازات در پایان دوره (مثلاً روزانه یا هفتگی) به توکن دیجیتال تبدیل شده و به کیف پول راننده انتقال داده می‌شود.

#### ۳-۵-۲ کاربردهای توکن‌های دیجیتال در مدیریت ترافیک

توکن‌های دیجیتال می‌توانند برای اهداف مختلفی من‌جمله پرداخت عوارض جاده‌ای، تخفیف بیمه، خدمات مرتبط با خودرو، سهمیه سوخت و جوایز و مشوق‌ها مورداستفاده قرار گیرند.

#### ۳-۵-۳ سازوکار سیستم پاداش‌دهی مبتنی بر بلاک‌چین

الف) ثبت رفتارها در بلاک‌چین: تمام رفتارهای رانندگی و امتیازهای کسب‌شده به‌صورت شفاف و غیرقابل تغییر در بلاک‌چین ثبت می‌شود.

ب) قراردادهای هوشمند: قراردادهای هوشمند شرایط خاصی برای تبدیل امتیاز به توکن و تخصیص پاداش‌ها تعریف می‌کنند. برای مثال، قرارداد هوشمند می‌تواند به‌صورت خودکار، توکن‌ها را در پایان هر هفته برای رانندگان ارسال کند.

## ۴. مطالعات موردی

پروژه‌های موفق جهانی که از فناوری بلاک‌چین برای بهبود ایمنی ترافیک استفاده کرده‌اند، نشان‌دهنده پتانسیل بالای این فناوری در مدیریت ترافیک و کاهش تصادفات هستند. در ادامه، به معرفی چند نمونه می‌پردازیم:

• کشورهای هند و کره جنوبی با ترکیب بلاک‌چین و اینترنت اشیا (IoT)، استفاده از حسگرهای IoT برای جمع‌آوری داده‌های بلادرنگ از خودروها و جاده‌ها، ذخیره‌سازی داده‌ها در بلاک‌چین برای تضمین امنیت و شفافیت و اولویت‌بندی پیام‌ها و هشدارها با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته موجب کاهش تصادفات از طریق تحلیل داده‌های بلادرنگ و ارسال هشدارهای سریع به رانندگان گردیده‌اند.

• کشور اکوادور با ترکیب بلاک‌چین با هوش مصنوعی و بینایی کامپیوتری برای مدیریت ترافیک بهینه‌سازی ترافیک در شهرهای هوشمند، تحلیل داده‌های دوربین‌های نظارتی و چراغ‌های راهنمایی برای کاهش تراکم ترافیک، ذخیره‌سازی داده‌های ترافیکی در بلاک‌چین، موجب کاهش ۲۰ درصدی تراکم ترافیک در ساعات اوج و بهبود پایداری ترافیک شهری گردیده است.

• کشور آمریکا با طراحی و اجرای مدل پاداش‌دهی به رانندگان برای رفتار ایمن، استفاده از بلاک‌چین برای رتبه‌بندی و پاداش‌دهی به رانندگانی که رفتار ایمنی دارند، تحلیل رفتار رانندگان از طریق داده‌های خودروها و ارتباطات بین‌خودرویی موجب کاهش رفتارهای خطرناک مانند سرعت غیرمجاز و تغییر مسیر ناگهانی شده است.

• یکی از پروژه‌های موفق در زمینه استفاده از بلاک‌چین برای نظارت جمعی ترافیکی، پروژه‌ای است که در دبی اجرا شده است. این پروژه بخشی از برنامه جامع دبی برای تبدیل‌شدن به اولین شهر هوشمند مبتنی بر بلاک‌چین در جهان است. در این پروژه، از فناوری بلاک‌چین برای مدیریت داده‌های ترافیکی و بهبود جریان حمل‌ونقل استفاده شده است. در این طرح از حسگرهای IoT نصب‌شده در جاده‌ها و تقاطع‌ها، دوربین‌های نظارتی و اپلیکیشن‌های گزارش‌دهی موبایل برای جمع‌آوری داده در یک شبکه بلاک چین کنسرسیومی با مشارکت دولت و شرکت‌های خصوصی استفاده شده است. داده‌های جمع‌آوری‌شده از منابع مختلف، به بلاک‌چین ارسال شده و در هر بلاک ثبت می‌شوند. هر بلاک شامل داده‌های ترافیکی بلادرنگ، گزارش‌های مردمی و تصاویر دوربین‌ها، هش اختصاصی برای تضمین امنیت و اصالت داده‌ها و زمان و مکان است. داده‌های جمع‌آوری‌شده پس از تحلیل توسط هوش مصنوعی با استفاده از قراردادهای هوشمند مبتنی بر شبکه بلاک چین منجر به اجرای خودکار برخی فرآیندها مانند ارسال بلادرنگ هشدار به رانندگان و فعال‌سازی خودکار تیم‌های امدادی در صورت وقوع تصادف می‌شوند. اجرای این طرح موجب بهبود ایمنی جاده‌ها و کاهش تعداد تصادفات به دلیل ارائه هشدارهای بلادرنگ، افزایش بهره‌وری و کاهش زمان واکنش تیم‌های امدادی و پلیس در مواجهه با تصادفات، کاهش تراکم ترافیک با استفاده از داده‌های دقیق و ارائه پیشنهاد مسیرهای جایگزین به رانندگان گردیده است.

• کشور چین یکی از پیشگامان استفاده از فناوری‌های نوین مانند بلاک‌چین و هوش مصنوعی در مدیریت ترافیک و نظارت جمعی است. در این کشور نیز داده‌های ترافیکی از حسگرهای IOT، دوربین‌های نظارتی و گزارش‌های مردمی برای ثبت در بلاک چین جمع‌آوری می‌شوند. با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی مانند حافظه کوتاه‌مدت بلندمدت[۱۴] داده‌ها تحلیل و پیش‌بینی ترافیک انجام می‌شوند. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده چراغ‌های راهنمایی بهینه‌سازی و مسیرهای جایگزین به رانندگان پیشنهاد می‌شود. در این پروژه هم‌زمان از تجهیزات و حسگرهای اینترنت اشیاء نظیر V2V و V2X، هوش مصنوعی و بلاکچین استفاده شده است. پیاده‌سازی این پروژه موجب افزایش ۱۵ درصدی بهره‌وری جاده‌ها، کاهش تصادفات، بهبود مصرف سوخت گردیده است.

• پروژه‌های مشابه به آنچه در چین انجام شده است، نشان داده‌اند که استفاده از فناوری بلاک‌چین و هوش مصنوعی در مدیریت ترافیک تأثیر قابل‌توجهی بر کاهش تصادفات و بهبود

رفتارهای رانندگی داشته است. با توجه به داده‌های موجود از این پروژه‌ها، نتایج به‌صورت زیر قابل توصیف است:

### ۴-۱ کاهش تصادفات

این سیستم‌ها توانسته‌اند با شناسایی نقاط پرتصادف[۱۵] و ارائه راهکارهای پیشگیرانه مانند هدایت رانندگان به مسیرهای ایمن‌تر، نرخ تصادفات را به‌طور متوسط تا ۲۵ درصد کاهش دهند. همچنین واکنش سریع و ارسال هشدارهای بلادرنگ در مواردی مانند وقوع تصادف یا تراکم ترافیک باعث کاهش خسارات جانبی و کاهش شدت حوادث شده است.

### ۴-۲ کاهش رفتارهای پرمخاطره رانندگی

ارائه پاداش به رانندگان برای رفتارهای ایمن (مانند رعایت سرعت مجاز، عدم‌تغییر مسیر ناگهانی و رعایت فاصله ایمن) باعث کاهش رفتارهای پرمخاطره و تغییر الگوی رفتار رانندگان شده است. تحلیل بلادرنگ و شناسایی رفتارهای خطرناک مانند ترمزهای ناگهانی یا سرعت غیرمجاز و ارسال هشدارهای شخصی به رانندگان نیز عامل دیگری در تغییر رفتار بوده است. تغییر در رفتار رانندگان باعث کاهش رفتارهای خطرناک به میزان تقریبی ۱۵ تا ۲۵ درصد شده است.

### ۴-۳ اثرات مشوق‌های پاداش‌دهی

سیستم‌های پاداش‌دهی مبتنی بر توکن‌های دیجیتال در چین، توانسته‌اند مشارکت رانندگان در رعایت قوانین رانندگی را تا ۳۰ درصد افزایش دهند و با تشویق رانندگان به گزارش مشکلات جاده‌ای و رعایت قوانین، تخلفات جاده‌ای به‌طور متوسط تا ۲۰ درصد کاهش یافته است.

### ۴-۴ تأثیرات کلان بر جامعه

با کاهش رفتارهای خطرناک و بهبود مدیریت ترافیک، ایمنی جاده‌ها بهبود یافته است و از طرف دیگر کاهش تراکم ترافیک و بهینه‌سازی مسیرها باعث کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است.

## ۵. جمع‌بندی مزایای استفاده از بلاک‌چین در نظارت جمعی مردمی برای کنترل حوادث ترافیکی

استفاده از فناوری بلاک‌چین در نظارت جمعی مردمی برای کنترل حوادث ترافیکی دارای مزایای متعددی است که به بهبود مدیریت ترافیک و افزایش ایمنی جاده‌ها کمک می‌کند. در ادامه جمع‌بندی این مزایا ارائه می‌شود:

### ۵-۱ شفافیت و اعتماد عمومی

داده‌های ذخیره‌شده در بلاک‌چین غیرقابل تغییر هستند که باعث افزایش اعتماد کاربران به سیستم می‌شود. از طرفی دیگر امکان مشاهده و دسترسی محدود به داده‌ها برای تمام ذینفعان (مانند پلیس، شهرداری‌ها و شهروندان) باعث ایجاد شفافیت در مدیریت اطلاعات می‌شود.

### ۵-۲ امنیت بالای داده‌ها

استفاده از الگوریتم‌های رمزنگاری پیشرفته و ساختار غیرمتمرکز بلاک‌چین، داده‌ها را در برابر حملات سایبری و دستکاری محافظت می‌کند. اطلاعات کاربران (مانند مکان جغرافیایی و جزئیات گزارش‌ها) به‌صورت امن و ناشناس ذخیره می‌شوند.

### ۵-۳ اعتبارسنجی گزارش‌ها

با استفاده از قراردادهای هوشمند و تحلیل داده‌های حسگرها، گزارش‌های ارسال‌شده توسط شهروندان به‌صورت خودکار بررسی و تأیید می‌شوند. این فرآیند باعث کاهش خطای انسانی و جلوگیری از ثبت گزارش‌های جعلی می‌شود.

### ۵-۴ کاهش زمان واکنش به حوادث

با تحلیل بلادرنگ داده‌ها و ارسال هشدارهای فوری، تیم‌های امدادی و پلیس می‌توانند سریع‌تر به محل حوادث اعزام شوند. کاهش زمان واکنش به حوادث باعث کاهش تلفات و آسیب‌های جانی و مالی می‌شود.

### ۵-۵ افزایش مشارکت مردمی

استفاده از اپلیکیشن‌های مبتنی بر بلاک‌چین و ارائه پاداش‌های دیجیتال، شهروندان را به گزارش مشکلات ترافیکی و رفتارهای

ایمن تشویق می‌کند. این رویکرد حس مسئولیت‌پذیری شهروندان را تقویت می‌کند.

### ۵-۶ کاهش هزینه‌های عملیاتی

حذف واسطه‌ها و مدیریت خودکار داده‌ها از طریق قراردادهای هوشمند و عدم نیاز به پایگاه داده مرکزی بزرگ و پیچیده باعث کاهش هزینه‌های اجرایی و افزایش بهره‌وری می‌شود.

### ۵-۷ پیش‌بینی و مدیریت بهتر ترافیک

با تحلیل داده‌های ثبت‌شده در بلاک‌چین، می‌توان جریان ترافیک را پیش‌بینی و مسیرهای جایگزین به رانندگان پیشنهاد کرد. این تحلیل‌ها به کاهش تراکم و بهبود جریان ترافیک کمک می‌کند.

### ۵-۸ بهبود ایمنی جاده‌ها

شناسایی نقاط پرتصادف، امکان ارائه هشدارهای پیشگیرانه به رانندگان برای جلوگیری از وقوع حوادث و مدیریت بلادرنگ این مناطق باعث کاهش نرخ تصادفات می‌شود.

### ۵-۹ افزایش کارایی تیم‌های امدادی

با ثبت دقیق مکان و نوع حوادث در بلاک‌چین، تیم‌های امدادی می‌توانند به‌صورت بهینه تجهیز شوند و زمان‌بندی بهتری برای پاسخ به حوادث داشته باشند.

این مزایا نشان می‌دهند که فناوری بلاک‌چین می‌تواند به‌عنوان یک ابزار کارآمد و پیشرفته در مدیریت و نظارت جمعی مردمی برای کنترل حوادث ترافیکی عمل کند.

## ۶. نیاز به همکاری بین دولت، بخش خصوصی و شهروندان برای موفقیت این سیستم‌ها

موفقیت سیستم‌های نظارت جمعی و مدیریت ترافیک مبتنی بر بلاک‌چین وابسته به همکاری هماهنگ و پایدار بین دولت، بخش خصوصی و شهروندان است. هر یک از این سه ضلع نقش‌های کلیدی در تضمین اجرایی شدن و عملکرد مؤثر این سیستم‌ها دارند. در ادامه، نقش و نیاز به همکاری هرکدام توضیح داده می‌شود:

### ۶-۱ نقش دولت در این همکاری

الف) تدوین سیاست‌ها و قوانین: دولت‌ها باید چارچوب‌های قانونی مشخصی را برای استفاده از بلاک‌چین در مدیریت ترافیک تعیین کنند. این شامل قوانینی برای حفاظت از داده‌های شهروندان و شفافیت عملکرد سیستم است. به‌طور نمونه تعیین قوانین برای ثبت و پردازش داده‌های ترافیکی به صورتی که حریم خصوصی افراد حفظ شود.

ب) حمایت مالی و زیرساختی: دولت‌ها باید منابع مالی برای نصب حسگرها، دوربین‌ها و ایجاد زیرساخت‌های شبکه بلاک‌چین تأمین کنند. همچنین، ساختارهای ارتباطی پیشرفته مانند اینترنت نسل پنجم برای تسهیل ارتباطات بلادرنگ لازم است.

ت) ادغام نهادهای مرتبط: همکاری بین سازمان‌هایی نظیر پلیس راهنمایی و رانندگی، شهرداری‌ها و سازمان‌های حمل‌ونقل برای مدیریت یکپارچه داده‌ها ضروری است.

### ۶-۲ نقش بخش خصوصی

الف) توسعه فناوری و نوآوری: شرکت‌های فناوری نقش مهمی در طراحی، توسعه و پیاده‌سازی سیستم‌های مبتنی بر بلاک‌چین دارند. به‌طور نمونه شرکت‌های متخصص در اینترنت اشیاء و تحلیل داده می‌توانند فناوری‌های حسگرها، الگوریتم‌های هوش مصنوعی و پلتفرم‌های گزارش‌دهی را ارائه دهند.

ب) سرمایه‌گذاری مشترک: بخش خصوصی می‌تواند با سرمایه‌گذاری در پروژه‌های هوشمند سازی ترافیک، هزینه‌های مالی را کاهش دهد. مشارکت با دولت در مدل‌های سرمایه‌گذاری شراکت دولتی–خصوصی بسیار مؤثر است.

ت) ارائه خدمات: بخش خصوصی می‌تواند خدمات جانبی مانند توسعه اپلیکیشن‌های موبایل، سیستم‌های پاداش‌دهی یا بازاریابی توکن‌های دیجیتال را ارائه دهد.

### ۶-۳ نقش شهروندان

الف) مشارکت فعال: شهروندان به‌عنوان کاربران اصلی سیستم، باید نقش فعالی در گزارش‌دهی مشکلات ترافیکی و رعایت قوانین رانندگی داشته باشند. مشارکت مردمی باعث جمع‌آوری داده‌های دقیق‌تر و افزایش کارایی سیستم می‌شود.

ب) آگاهی و فرهنگ‌سازی: شهروندان باید از نحوه عملکرد سیستم، مزایای آن و اهمیت استفاده صحیح از ابزارهای ارائه‌شده مانند اپلیکیشن‌های موبایل مطلع شوند.

ت) اعتماد به سیستم: شفافیت عملکرد سیستم‌های مبتنی بر بلاک‌چین باعث افزایش اعتماد شهروندان و تمایل آن‌ها به استفاده از این فناوری می‌شود.

### ۶-۴ هماهنگی و تعامل بین این سه ضلع

الف) برگزاری نشست‌های مشترک: دولت و بخش خصوصی می‌توانند با برگزاری نشست‌ها یا کارگاه‌های آموزشی، نیازها و پیشنهادات شهروندان را بشنوند و در طراحی سیستم لحاظ کنند.

ب) توسعه برنامه‌های مشارکتی: ایجاد پلتفرم‌هایی که شهروندان و بخش خصوصی به‌صورت مستقیم با دولت در تعامل باشند. به‌طور نمونه یک اپلیکیشن که شهروندان بتوانند نظرات و بازخوردهای خود را درباره عملکرد سیستم ثبت کنند.

پ) سیستم‌های تشویقی: ارائه پاداش به شهروندان برای مشارکت فعال و همچنین تشویق بخش خصوصی برای نوآوری و توسعه فناوری.

این رویکرد جامع و هماهنگ می‌تواند به موفقیت سیستم‌های هوشمند مدیریت ترافیک کمک کند و راه را برای استفاده گسترده‌تر از فناوری‌های نوین در جامعه هموار کند.

## ۷. مدل پیاده‌سازی در ایران

در کشور ایران ما با فرصت‌های من‌جمله استفاده گسترده از تلفن‌های هوشمند، وجود نسبی زیرساخت‌های حمل‌ونقل شهری در بسیاری از کلان‌شهرهای ایران مثل تهران، مشهد، اصفهان و شیراز و جمعیت فعال و آگاه که تمایل زیادی به مشارکت در بهبود کیفیت زندگی شهری نشان داده‌اند، روبرو هستیم که می‌توانند موجبات موفقیت طرح را به همراه داشته باشند. لکن چالش‌هایی نیز مانند خلأ قوانین مشخص و محدودیت‌های اینترنت و پراکندگی تجهیزات بروز در کشور هستیم فلذا پیاده‌سازی این مدل در ایران نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و هماهنگی میان نهادهای دولتی، شرکت‌های فناوری و زیرساخت‌های موجود است. در زیر گام‌هایی برای تطبیق و پیاده‌سازی مدل بلاک‌چین مدیریت ترافیک در ایران ارائه شده است:

### ۷-۱ ارزیابی و تعیین نیازها

الف) شناسایی مشکلات خاص: برای مثال، شناسایی نقاط پرترافیک در تهران و سایر کلان‌شهرها و چالش‌های مرتبط با مدیریت آن‌ها.

ب) تعریف اهداف: کاهش ترافیک، بهبود ایمنی جاده‌ها و شفافیت در مدیریت منابع.

### ۷-۲ ایجاد زیرساخت‌های دیجیتال

الف) تقویت شبکه‌های اینترنت اشیاء: استفاده از حسگرها، دوربین‌ها و تجهیزات هوشمند برای جمع‌آوری داده‌های ترافیکی.

ب) راه‌اندازی زیرساخت بلاک‌چین: انتخاب یک بلاک‌چین خصوصی یا کنسرسیومی برای استفاده توسط سازمان‌های مرتبط.

ت) برقراری ارتباط بین تجهیزات: توسعه پلتفرم‌هایی که داده‌ها را از حسگرها و دستگاه‌های ترافیکی به بلاک‌چین منتقل کنند.

### ۷-۳ توسعه قراردادهای هوشمند

ایجاد و برنامه‌ریزی قراردادهایی که در صورت وقوع تصادف یا بسته شدن جاده، هشدار خودکار به رانندگان ارسال کند. این قراردادها باید با قوانین ملی و مقررات حمل‌ونقل ایران سازگار باشند.

### ۷-۴ مشارکت با نهادهای دولتی و خصوصی

همکاری و هماهنگی مابین پلیس راهنمایی و رانندگی، شهرداری‌ها، وزارت راه و بخش خصوصی.

### ۷-۵ تحلیل داده‌ها و تصمیم‌گیری هوشمند

الف) ایجاد الگوریتم‌های تحلیل داده: استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌های بلاک‌چین.

ب) تصمیم‌گیری بلادرنگ: ارائه راه‌حل‌های فوری مانند تغییر چراغ‌های راهنمایی یا ارائه مسیرهای جایگزین.

### ۷-۶ توسعه رابط کاربری برای کاربران

اپلیکیشن‌های موبایل برای ارائه اطلاعات ترافیکی بلادرنگ به شهروندان و داشبورد مدیریتی برای پلیس راهنمایی و مسئولان شهری جهت نظارت باید ایجاد گردد.

### ۷-۷ تأمین مالی و فرهنگ‌سازی

الف) جذب سرمایه‌گذاری: همکاری با استارتاپ‌ها و شرکت‌های فناورانه داخلی برای تأمین مالی پروژه.

ب) آموزش و آگاه‌سازی: معرفی فناوری به کاربران و کارکنان نهادهای مرتبط برای استفاده مؤثر.

### ۷-۸ چالش‌ها و راه‌حل‌ها

برای پیاده‌سازی این پروژه در کشور با چالش‌هایی از قبیل هزینه‌های بالای زیرساخت، مقاومت اولیه در برابر تغییر و نیاز به قوانین مناسب برای پذیرش بلاک‌چین روبرو خواهیم شد. برای رفع آن‌ها می‌توان با استفاده از پروژه‌های پایلوت کوچک، ترویج فواید شفافیت و امنیت بلاک‌چین و تصویب قوانین جدید اقدام نمود. با توجه به پتانسیل علمی و فناوری موجود در ایران، این پروژه می‌تواند به‌صورت پایدار و با حمایت نهادهای دولتی و خصوصی به ثمر برسد. تأمین مالی برای چنین پروژه‌ای نیازمند برنامه‌ریزی جامع و استفاده از منابع مختلف است. این بودجه می‌تواند از منابع مختلف ازجمله سرمایه‌گذاری دولتی از طریق وزارتخانه‌های راه و شهرسازی، فناوری اطلاعات و ارتباطات، شهرداری‌ها، مشارکت بخش خصوصی، تأمین مالی جمعی[۱۶]، کمک‌های بین‌المللی، سرمایه‌گذاری خطرپذیر[۱۷] و مدل‌های اشتراک‌گذاری هزینه تأمین گردد.

این روش‌ها می‌توانند با یکدیگر ترکیب شوند تا منابع مالی مختلفی برای پروژه فراهم شوند. برای ساخت یک پایلوت دقیق و ارائه جزئیات فنی قراردادهای هوشمند در پروژه بلاک‌چین مدیریت ترافیک، نیاز است مراحل و بخش‌های مختلف پروژه به‌طور منظم و مرحله‌بندی شده پیاده‌سازی شوند.

## ۸. طراحی پایلوت دقیق

### ۸-۱ فرآیند آماده‌سازی

الف. هدف‌گذاری و مکان‌یابی: منطقه آزمایشی و محدوده‌ای منطقه‌ای پرترافیک (مانند خیابان‌های مرکزی یک شهر بزرگ مانند تهران) برای اجرای پایلوت انتخاب شود. اهداف طرح پایلوت بهبود جریان ترافیک منطقه و ثبت و تحلیل داده‌ها است که برای ارائه تصمیمات مفید هستند.

ب. زیرساخت‌های موردنیاز: نصب حسگر و تجهیزات اینترنت اشیاء و دوربین‌های پلاک خوان و سرعت‌سنج در چراغ‌های راهنمایی و کنار خیابان‌ها انجام می‌گیرد. یک برنامه کاربردی موبایل محور طراحی و در اختیار مأموران، همیاران پلیس و سایر داوطلبان در منطقه موردنظر قرار گیرد. همچنین شبکه بلاکچین خصوصی در سرورهای محلی و تخصیص نودها به آن در پلیس راهنمایی و رانندگی و شهرداری انجام می‌شود.

پ. جمع‌آوری و ذخیره داده‌ها: پس از اتصال تجهیزات به بلاکچین و برقراری ارتباط بین برنامه کاربردی کاربران با شبکه، داده‌ها شامل جریان خودروها، زمان عبور، میزان ترافیک و تصادفات به‌صورت رمزنگاری‌شده به بلاک‌ها اضافه می‌شوند. این داده‌ها شامل زمان، مکان و نوع حادثه هستند.

ت. اجرای پایلوت: طرح باید در یک دوره ۳ الی ۶ ماه انجام گیرد و نتایج حاصل از جمع‌آوری تحلیل گردند و مشکلات احتمالی برطرف گردد. قراردادهای هوشمندی باید بر اساس اهداف طرح ایجاد گردند که به‌طور مثال بتوانند وقوع تصادف

را به‌صورت خودکار گزارش نمایند یا چراغ‌های راهنمایی ر ا بر اساس میزان ترافیک تنظیم کنند. این قراردادها باید بتوانند با سایر اپلیکیشن های مسیریابی ارتباط برقرار کنند تا بلادرنگ بتوانند مسیرهای جایگزین ارائه کنند. پس از پایان طرح باید مدت‌زمان سفر، بهبود جریان ترافیک و نرخ تصادفات در منطقه آزمایشی مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد و مشکلات و نقایص احتمالی طرح برطرف گردد.

### ۸-۲ معماری کلی سیستم

این سیستم شامل فرآیندهای کلیدی نظیر جمع‌آوری داده‌ها، ثبت و ذخیره‌سازی، تحلیل و تصمیم‌گیری، ارائه خدمات به کاربران و مدیریت سیستم است و بر این اساس به‌طور کل دارای ۴ لایه است که می‌بایست پیاده‌سازی گردد:

- **لایه جمع‌آوری داده**[18]: این لایه شامل حسگرها، دوربین‌های ترافیکی، دستگاه‌های اینترنت اشیاء و ابزارهای اندازه‌گیری است که وظیفه جمع‌آوری داده‌های ترافیکی، مانند حجم ترافیک، تصادفات و وضعیت جاده‌ها را دارد.
- **لایه پردازش و ذخیره‌سازی**[19]: این لایه شامل بلاک‌چین خصوصی یا کنسرسیومی برای ذخیره‌سازی ایمن داده‌ها و اجرای قراردادهای هوشمند و گره‌ها برای اعتبارسنجی داده‌ها و نگهداری دفتر کل توزیع‌شده است. در این لایه ابزارهایی هوش مصنوعی برای تحلیل داده‌های ثبت‌شده استفاده می گردد
- **لایه کاربردها و خدمات**[20]: این لایه شامل داشبوردهای مدیریتی برای نمایش داده‌ها و گزارش‌ها به مسئولان و اپلیکیشن‌های موبایل و وب برای اطلاع‌رسانی به کاربران نهایی است.
- **لایه امنیت**[21]: این لایه شامل روش‌های رمزنگاری، مدیریت کلیدها و احراز هویت برای حفاظت از داده‌ها است.

## ۹. پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده در این حوزه

تحقیقات آینده در حوزه استفاده از بلاک‌چین و نظارت جمعی برای کنترل حوادث ترافیکی می‌تواند بر پیشرفت فناوری‌ها، بهبود کارایی سیستم‌ها و افزایش مشارکت مردمی تمرکز کند. در ادامه، پیشنهاداتی برای مسیرهای تحقیقاتی آینده ارائه شده است:

۱. الگوریتم‌های پیشرفته اعتبارسنجی داده‌ها
۲. ارزیابی سیستم‌های پاداش‌دهی مبتنی بر بلاک‌چین
۳. توسعه معماری بلاک‌چین ترکیبی
۴. مطالعات رفتاری رانندگان با تحلیل داده‌های بلاک‌چین
۵. طراحی سیستم‌های مدیریت انرژی در ترافیک
۶. ایمنی و حفظ حریم خصوصی در بلاک‌چین
۷. ارزیابی تأثیرات اقتصادی و اجتماعی سیستم‌های بلاک‌چینی
۸. توسعه فناوری‌های ارتباطی V۲X و ادغام آن با بلاک‌چین
۹. تحلیل تأثیرات زیست‌محیطی سیستم‌های مدیریت ترافیک

## ۱۰. مقایسه فناوری‌های موازی در مدیریت ترافیک

این پیشنهادات می‌توانند راهگشای تحقیقات آینده در این حوزه باشند و به بهبود سیستم‌های هوشمند مدیریت ترافیک کمک کنند.

## ۱۱. پی‌نوشت‌ها

1. Crowdsourced Monitoring
2. Vision Zero
3. ITS
4. Crowdsourced Monitoring
5. Waze
6. Google Map
7. Internet Of Things (IOT)
8. Blockchain
9. Node
10. IOT: Internet Of Things
11. V2V: Vehicle-to-Vehicle
12. V2X: Vehicle -to-everythings

13. Smart contract
14. LSTM
15. Hotspots
16. Crowdfunding
17. Venture Capital
18. Data Collection Layer
19. Processing and Storage Layer
20. Application and Service Layer
21. Security Layer

## ۱۲. مراجع


– رحیمی، م.، و شفیعی، س، ۱۳۹۸، بررسی نقش مشارکت مردمی در مدیریت ترافیک شهری (مطالعه موردی: شهر تهران)، مجله مدیریت شهری، ۱۷ (۵۲)، ۷۵–۸۸.

– کریمی، ع.، و محمدی، ر، ۱۳۹۷، تحلیل تأثیر مشارکت شهروندان در کاهش ترافیک شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان). فصلنامه پژوهش‌های حمل‌ونقل، ۱۵ (۳)، ۴۵–۶۰.

– نوروزی، ح.، و احمدی، م. ۱۳۹۶، ارزیابی نقش مشارکت مردمی در بهبود مدیریت ترافیک شهری (مطالعه موردی: شهر مشهد). مجله مهندسی ترافیک، ۱۲ (۴)، ۳۳–۴۸.

– فتحی، س.، و حسینی، م، ۱۳۹۵، مشارکت مردمی و مدیریت ترافیک شهری: چالش‌ها و راهکارها (مطالعه موردی: شهر شیراز). فصلنامه مطالعات شهری، ۱۰ (۲)، ۲۵–۴۰.

– زارع، م.، و رضایی، ع، ۱۳۹۴، نقش مشارکت مردمی در مدیریت ترافیک شهری (مطالعه موردی: شهر تبریز)، مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۹ (۱)، ۶۷–۸۲

– محمدی، ف.، و علیزاده، ر، ۱۳۹۴ بررسی تأثیر مشارکت شهروندان در مدیریت ترافیک شهری (مطالعه موردی: شهر کرج). فصلنامه پژوهش‌های مدیریت ترافیک، ۸ (۲)، ۵۵–۷۰.

– جعفری، م.، و رحمانی، ع، ۱۳۹۲، مشارکت مردمی و مدیریت ترافیک شهری: مطالعه موردی شهر قم. مجله تحقیقات جغرافیایی، ۲۸ (۳)، ۴۱–۵۶.

– شریفی، ع.، و موسوی، س.، ۱۳۹۱، تحلیل نقش مشارکت مردمی در کاهش ترافیک شهری (مطالعه موردی: شهر اهواز). فصلنامه پژوهش‌های حمل‌ونقل، ۹ (۱)، ۲۳–۳۸.

– رحمانی، ع.، و احمدی، م، ۱۴۰۲، بررسی نقش مشارکت اجتماعی مردمی در مدیریت ترافیک شهری: مطالعه موردی منطقه ۶ تهران، *مجله مدیریت شهری و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل*، ۱۰ (۳)، ۱۲۳–۱۳۵.

– محمدی، ر.، و حسینی، س، ۱۴۰۱، بررسی دیدگاه کارشناسان پلیس راهنمایی و رانندگی درباره جلب مشارکت مردمی در مدیریت ترافیک شهری. *فصلنامه پژوهش‌های مدیریت ترافیک*، ۸ (۴)، ۹۵–۱۱۰.

– Angel Jaramillo-Alcazar, 2023, Advances in the Optimization of Vehicular Traffic in Smart Cities: Integration of Blockchain and Computer Vision for Sustainable Mobility, MDPI 2023.

– Deepak Prashar, Nishant Jha,2020, Integrating IoT and Blockchain for Ensuring Road Safety: An Unconventional Approach, sensors 2020.

– Kuguoglu, B.K.; van der Voort, H.; Janssen, M. The Giant Leap for Smart Cities: Scaling up Smart City Artificial Intelligence of Things (Aiot) Initiatives. Sustainability 2021, 13, 12295.

– de Freitas, M.P.; Piai, V.A.; Farias, R.H.; Fernandes, A.M.R.; de Moraes Rossetto, A.G.; Leithardt, V.R.Q. Artificial Intelligence of Things Applied to Assistive Technology: A Systematic Literature Review. Sensors 2022, 22, 8531.

– Zhu, S.; Ota, K.; Dong, M. Energy-Efficient Artificial Intelligence of Things With Intelligent Edge. IEEE Internet Things J. 2022, 9, 7525–7532.

– Ghazal, T.M.; Kamrul Hasan, M.; Alzoubi, H.M.; Al Hmmadi, M.; Al-Dmour, N.A.; Islam, S.; Kamran, R.; Mago, B. Securing Smart Cities Using Blockchain Technology. In Proceedings of the 2022 1st International Conference on AI in Cybersecurity (ICAIC), Victoria, TX, USA, 24–26 May 2022; pp. 1–4.

– Boulouard, Z.; Ouaissa, M.; Ouaissa, M.; Siddiqui, F.; Almutiq, M.; Krichen, M. An Integrated Artificial Intelligence of Things Environment for River Flood Prevention. Sensors 2022, 22, 9485.

– Vinodhini, M.; Rajkumar, S. Performance Analysis of Vehicle-to-Everything Communication Using Internet of LoRa Computing for Intelligent Transportation System. Intell. Decis. Technol. 2023, 17, 577–594.