فصلنامه مهندسی ترافیک، سال بیست و پنجم، شماره ۱۰۳، زمستان ۱۴۰۴، ص. ۸۶-۶۹

مدیریت و ایمنی ترافیک در افق ارتباطات نسل ششم (6G)

مجید جعفری (مسئول مکاتبات)، دانشجوی دکترای مدیریت راهبردی دفاع سایبری، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران
E-mail: majidatw60@gmail.com
محمدرضا کریمی قهرودی، دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر، پژوهشکده امنیت و دفاع سایبری، تهران، ایران

چکیده

با گسترش فناوری‌های ارتباطات و افزایش پیچیدگی سیستم‌های ترافیکی شهری، نگاه‌ها به استفاده از فناوری‌های نوین برای بهبود مدیریت ترافیک شهری معطوف شده است. در این میان، فناوری‌های ارتباطات نسل پنجم و نسل‌های پیشین، با فراهم آوردن قابلیت‌هایی همچون سرعت بالا، تأخیر کم و اتصال وسیع، در بهبود مدیریت ترافیک و افزایش ایمنی شهری نقش مؤثری ایفا کرده‌اند. بااین‌حال، نیازهای روزافزون و چالش‌های پیچیده‌ای که در دنیای مدرن و پرشتاب کنونی به وجود آمده، ایجاب می‌کند که سیستم‌های ارتباطی به‌روزرسانی شوند و به فناوری‌های پیشرفته‌تر منتقل گردند. در این راستا، نسل ششم ارتباطات با قابلیت‌هایی همچون سرعت فوق‌العاده، اتصالات بی‌سیم کاملاً قابل‌اعتماد، پشتیبانی از هوش مصنوعی بومی و فناوری‌های سنجش پیشرفته، به‌عنوان یک تحول اساسی در حوزه ارتباطات شناخته می‌شود. این نسل جدید، با توانایی پشتیبانی از میلیون‌ها دستگاه متصل و ارائه خدمات بلادرنگ، می‌تواند به‌طور چشمگیری نیازهای مدیریت ترافیک را پاسخ دهد و قابلیت‌هایی نظیر پیش‌بینی دقیق ترافیک، کاهش حوادث، بهبود پاسخگویی به بحران‌ها، بهینه‌سازی جریان ترافیک و نظارت هوشمند بر زیرساخت‌ها را به سطحی نوین ارتقاء دهد. این امر به‌ویژه در شرایط شهری با تراکم بالا و در زمان وقوع بحران‌های ترافیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این مقاله با روش علمی مروری ابتدا به معرفی چشم‌انداز نسل ششم ارتباطات و قابلیت‌های آن پرداخته و با بیان برخی از چالش‌های موجود در سیستم‌های ترافیکی شهری، به نقش ارتباطات نسل ششم در رفع چالش‌های مذکور اشاره می‌کند. درنهایت برخی از موانع و چالش‌های پیاده‌سازی ارتباطات نسل ششم در مدیریت ترافیک شهری نیز بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی: ارتباطات نسل ششم، کنترل و مدیریت ترافیک، حمل‌ونقل هوشمند

۱. مقدمه

مدیریت و کنترل ترافیک شهری یکی از مسائل اصلی در جوامع امروزی است. با افزایش روزافزون جمعیت شهری، سیستم‌های حمل‌ونقل پیچیده‌تر شده و چالش‌های جدیدی در زمینه مدیریت ترافیک ایجاد می‌شود. ترافیک سنگین، تصادفات جاده‌ای، آلودگی هوا و مصرف انرژی بالا، همگی از مشکلاتی هستند که بر کیفیت زندگی شهری تأثیر منفی می‌گذارند.

در این میان، فناوری‌های ارتباطی می‌توانند نقش مهمی در حل این چالش‌ها ایفا کنند. به‌ویژه، فناوری‌های نسل‌های مختلف ارتباطات مانند 4G، 5G و نسل آینده 6G، به‌عنوان ابزارهایی مؤثر در بهبود مدیریت ترافیک و هوشمندسازی شهرها مطرح شده‌اند. ظهور پروتکل‌های استانداردشده در دهه ۱۹۸۰ زمینه را برای سیگنال‌های ترافیکی و مکانیسم‌های کنترلی کارآمدتر فراهم کرد. معرفی شبکه‌های 3G و 4G به اشتراک‌گذاری داده‌ها در زمان واقعی را تسهیل کرد، جریان ترافیک را ساده کرد و پروتکل‌های ایمنی را از طریق بهبود زیرساخت‌های ارتباطی افزایش داد. این پیشرفت‌ها راه را برای شبکه 5G هموار کرد که با افزایش قابلیت‌های پردازش داده، جهش بیشتری را فراهم کرد و سیستم‌های مدیریت ترافیک پیچیده‌تری را امکان‌پذیر کرد.

با وجود پیشرفت‌هایی که در حوزه فناوری‌های ارتباطی و سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به‌ویژه با استفاده از فناوری 4G و 5G حاصل شده است، همچنان محدودیت‌هایی در سرعت پردازش داده‌ها، ظرفیت شبکه و تأخیر در ارتباطات وجود دارد که مانع از ارائه راه‌حل‌های جامع و مؤثر در مدیریت ترافیک شهری می‌شود. ظهور فناوری 6G نوید ایجاد انقلابی در قابلیت‌های اتصال و پردازش داده، به‌ویژه در زمینه مدیریت ترافیک شهری را می‌دهد. یکی از ویژگی‌های کلیدی آن ادغام الگوریتم‌های یادگیری ماشینی[1] است که عملکرد شبکه را بهینه می‌کند و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها را در زمان واقعی تسهیل می‌کند. این مدل‌های پیشرفته یادگیری ماشین از مجموعه داده‌های گسترده و قدرت محاسباتی بالا برای افزایش قابلیت اطمینان و سرعت ارتباطات استفاده می‌کنند و جریان ترافیک روان‌تر و کارآمدتری را در مناطق شلوغ شهری امکان‌پذیر می‌سازند. علاوه بر این، استفاده از باند تراهرتز نرخ انتقال داده‌های بی‌سابقه‌ای را ممکن می‌سازد که برای مدیریت سیستم‌های ترافیک شهری پیچیده که در آن تصمیم‌گیری در زمان واقعی حیاتی است، ضروری است. با پرداختن به مسائل مربوط به راه‌اندازی شبکه و بهره‌وری انرژی، شبکه‌های 6G می‌توانند اتصال یکپارچه را هم برای وسایل نقلیه و هم برای زیرساخت‌ها فراهم کنند و به چالش‌های ناشی از تراکم شهری به‌طور مؤثر رسیدگی کنند.

حال مسئله اصلی این است که مطالعات گذشته صورت گرفته در مدیریت ترافیک، درک اساسی از پیچیدگی‌ها و الزامات موردنیاز برای سیستم‌های ترافیکی مؤثر را ایجاد کرده است. این مطالعات به‌طور مداوم نیاز به روش‌شناسی کارآمد برای رسیدگی به چالش‌های مدیریت ترافیک شهری، با تأکید بر مداخلات فن‌آوری برای جریان ترافیک روان‌تر و ایمن‌تر را برجسته کرده‌اند.

سیستم‌های مدیریت ترافیک سنتی اغلب فاقد قابلیت‌های تحلیل داده‌های بلادرنگ موردنیاز برای انطباق با شرایط ترافیکی در حال تکامل هستند. درنتیجه، تقاضای مبرمی برای فناوری‌های ارتباطی پیشرفته وجود دارد که می‌تواند مدیریت کارآمد ترافیک را تسهیل کند. نوآوری‌ها در یادگیری ماشین نوید قابل‌توجهی را در تقویت سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم نشان داده‌اند و آن‌ها را قادر به پشتیبانی از تجزیه‌وتحلیل بلادرنگ و بهینه‌سازی جریان ترافیک کرده‌اند. شبکه‌های وسایل نقلیه فعلی با محدودیت‌هایی در پهنای باند و تأخیر مواجه هستند که مانع اثربخشی آن‌ها در محیط‌های شهری می‌شود. پیشرفت‌های پیش‌بینی‌شده در ارتباطات 6G می‌تواند این محدودیت‌ها را با فعال کردن اتصال سریع، قابل‌اعتماد و تبادل اطلاعات پیچیده که برای کنترل هوشمند ترافیک ضروری است برطرف کند.

همان‌طور که شهرها از این نوآوری‌های تکنولوژیکی استقبال می کنند، به‌تدریج تمرکز بر پیامدهای این پیشرفت‌ها برای کنترل

ترافیک شهری تغییر خواهد کرد. درک اینکه چگونه هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء در بستر ارتباطات نسل ششم می‌توانند فرآیندهای تصمیم‌گیری را بیشتر تقویت کنند، برای توسعه استراتژی‌های مؤثری که می‌توانند با خواسته‌های آینده در حمل‌ونقل شهری سازگار شوند، ضروری است. بااین‌حال، بسیاری از تحقیقات موجود بر روی نسل پنجم و ششم به‌طور خاص در زمینه مدیریت ترافیک شهری تمرکز نداشته‌اند و هنوز تحقیقات گسترده‌تری نیاز است تا بتوان به‌طور کامل از پتانسیل فناوری‌های نسل ششم در این حوزه بهره برد. هدف اصلی این تحقیق، ایجاد شناخت از توانمندی‌های فناوری 6G در بهبود مدیریت ترافیک شهری و شناسایی فرصت‌های پیش‌رو برای بهبود کیفیت زندگی شهری از طریق استفاده از این فناوری نوین است. به همین دلیل، این مقاله تلاش دارد تا بررسی کند که چگونه فناوری 6G می‌تواند چالش‌های فعلی در مدیریت ترافیک شهری را حل کرده و فرصت‌های جدیدی را برای بهبود وضعیت ترافیک و ایمنی در شهرها فراهم آورد.

۲. ادبیات پژوهش

۲-۱ ارتباطات نسل ششم: ویژگی‌ها و قابلیت‌ها و ضرورت حرکت به‌سوی آن

ارتباطات نسل ششم به‌عنوان نسل بعدی فناوری‌های ارتباطی، چشم‌انداز جدیدی را در زمینه اتصال جهانی، سرعت و کیفیت ارتباطات به ارمغان خواهد آورد. باوجودآنکه فناوری ارتباطات نسل پنجم هنوز درحال‌توسعه و تکمیل است و مزایای زیادی را برای کاربران فراهم کرده است، اما 6G با ویژگی‌های نوآورانه‌تری معرفی خواهد شد که به‌طور چشمگیری از محدودیت‌های 5G فراتر خواهد رفت. در این بخش به بررسی ویژگی‌ها و قابلیت‌های نسل ششم و دلایل نیاز به حرکت به سمت آن پرداخته می‌شود، چراکه فناوری‌های موجود قادر به رفع تمامی نیازهای پیشرفته‌تری که دنیای امروز و آینده به آن‌ها نیاز دارند، نیستند.

در نوامبر ۲۰۲۳، بخش ارتباطات رادیویی اتحادیه بین‌المللی مخابرات[۲] در مورد چشم‌انداز جهانی IMT-2030 6G به اجماع رسید که انتظار می‌رود نقطه عطف اساسی در توسعه 6G باشد. چارچوب IMT-2030 پانزده قابلیت را برای فناوری 6G شناسایی می‌کند که نه مورد از آن‌ها از قابلیت‌های 5G موجود ازجمله اوج نرخ داده، تجربه کاربر از نرخ داده، بهره‌وری طیف، ظرفیت ترافیک منطقه، امنیت و انعطاف‌پذیری، تأخیر، تحرک و تراکم اتصال است که در 6G بهتر خواهند شد. شش قابلیت کاملاً جدید زیر نیز به آن افزوده شده است:

۱. پوشش: امکان دسترسی به خدمات ارتباطی برای کاربران در یک منطقه خدماتی موردنظر. قبلاً پوشش در استانداردها ساخته نمی‌شد، بلکه تابعی از رژیم نظارتی کشورهای مختلف بود.

۲. پایداری: 6G و دستگاه‌هایی مانند گوشی‌های هوشمند و تبلت‌ها انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر اثرات زیست‌محیطی چرخه زندگی آن‌ها را به حداقل می‌رسانند.

۳. قابلیت‌های مرتبط با سنجش: این به توانایی ارائه عملکرد از طریق سیگنال رادیویی، ازجمله تشخیص شی، محلی سازی، تصویربرداری و نقشه‌برداری اشاره دارد.

۴. قابلیت‌های مرتبط با هوش مصنوعی: قابلیت‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند از برنامه‌هایی ازجمله پردازش داده‌های توزیع‌شده، یادگیری توزیع‌شده، محاسبات و اجرای مدل و استنتاج پشتیبانی کنند. آن‌ها همچنین می‌توانند عملکردهای شبکه موجود را بهینه و خودکار کنند.

۵. قابلیت همکاری: این به رابط رادیویی اشاره دارد که بر اساس جامعیت و شفافیت اعضا است.

۶. موقعیت‌یابی: امکان محاسبه موقعیت تقریبی دستگاه‌های متصل. دقت موقعیت‌یابی به‌عنوان تفاوت بین موقعیت افقی/عمودی محاسبه شده و موقعیت افقی/عمودی واقعی یک دستگاه تعریف می‌شود.

بر اساس [۱۰]، همان‌طور که فناوری‌های جدید در سیستم‌های ارتباطات بی‌سیم به‌طور گسترده‌تر مورداستفاده قرار می‌گیرند، در چرخه عمر 6G، بسیاری از جنبه‌های زندگی روزمره ما با سرعت فوق‌العاده و اتصالات بی‌سیم فوق‌العاده قابل‌اعتماد، هوش مصنوعی بومی و فناوری‌های سنجش پیشرفته تقویت می‌شوند. پنج دسته اصلی از سناریوهای کاربری بر اساس قابلیت‌های کلیدی موردنیاز، شناسایی شده است. در میان این دسته‌ها، پهنای باند موبایل پیشرفته و فراتر از آن[۳]، ارتباطات با تأخیر کم فوق‌العاده قابل‌اعتماد[۴] و ارتباطات نوع ماشین عظیم[۵] پسوندها و ترکیبی از سناریوهای استفاده تعریف‌شده در 5G هستند، درحالی‌که سنجش و هوش مصنوعی دو سناریو جدید استفاده هستند که همگی در 6G شکوفا خواهند شد. این سناریوها نشان‌دهنده پتانسیل‌های گسترده این فناوری در ایجاد تجربه‌های نوین در زندگی روزمره و در زمینه‌های مختلف صنعتی و اجتماعی می‌باشند.

پهنای باند موبایل پیشرفته و فراتر از آن به توسعه ارتباطات انسان‌محور و برنامه‌های واقعیت افزوده[۶]، واقعیت مجازی[۷] و واقعیت ترکیبی[۸] خواهد پرداخت. هدف اصلی آن ارائه تجربه‌های تعاملی و چند حسی با تأخیر پایین و پهنای باند بسیار بالا است. این سناریو می‌تواند کاربردهای جدیدی در حوزه‌های سرگرمی، آموزش، تولید و ناوبری ایجاد کند. ارتباطات با تأخیر کم فوق‌العاده قابل‌اعتماد برای صنایع عمودی مانند تولید و اتوماسیون طراحی شده است و به تأخیر کم و قابلیت اطمینان بالا نیاز دارد. هدف آن امکان‌پذیر ساختن کارکردهایی مانند کنترل دقیق حرکت و جراحی از راه دور است. در این زمینه، استفاده از ربات‌ها و پهپادها نیز نقش مهمی خواهد داشت. ارتباطات ماشینی با تعداد زیادی دستگاه متصل، هدف اتصال هزاران دستگاه کم‌مصرف در محیط‌های مختلف مانند ساختمان‌های هوشمند، کشاورزی و مراقبت‌های بهداشتی است. این نوع ارتباطات به تراکم بالا و مصرف انرژی پایین نیاز دارند و می‌توانند به‌طور مؤثری در این صنایع کاربرد داشته باشند.

سناریوهای مربوط به سنجش در 6G به‌طور عمده به کاربردهای محلی سازی، تصویربرداری و ردیابی مرتبط می‌شود. این سناریو شامل قابلیت محلی سازی دقیق در مقیاس سانتی‌متر و استفاده از حسگرهای مختلف برای تشخیص حرکت و فعالیت‌ها است. این ویژگی‌ها می‌توانند در کاربردهایی همچون رصد محیطی و تشخیص بیماری‌ها کاربرد فراوانی داشته باشند. درنهایت، یکی از سناریوهای مهم در 6G استفاده از هوش مصنوعی به‌عنوان ابزاری برای اتوماسیون شبکه و ارائه سرویس‌های هوش مصنوعی به‌عنوان یک خدمت است. این سناریو شامل دو بخش عمده است: نخست، اتوماسیون شبکه‌های نسل ششم با استفاده از هوش مصنوعی به‌منظور بهینه‌سازی عملکرد و مدیریت منابع شبکه به‌طور خودکار؛ و دوم، ارائه هوش مصنوعی به‌عنوان سرویس[۹] که به کاربران و کسب‌وکارها این امکان را می‌دهد تا بدون نیاز به زیرساخت‌های پیچیده، از ابزارهای پیشرفته هوش مصنوعی بهره‌برداری کنند. جدول (۱) شاخص‌های عملکرد کلیدی بین سیستم‌های ارتباطی 6G و 5G را مقایسه کرده است. یکی از ویژگی‌های اصلی و برجسته 6G سرعت بسیار بالای آن است. درحالی‌که 5Gمی‌تواند سرعت‌های دانلود تا ۱۰ گیگابایت در ثانیه را ارائه دهد، پیش‌بینی می‌شود که 6G بتواند سرعت‌هایی در حدود ۱۰۰ گیگابایت در ثانیه یا حتی بالاتر را فراهم کند. این ویژگی می‌تواند توانایی انتقال حجم وسیعی از داده‌ها در زمان واقعی را به‌طور مؤثری افزایش دهد. با توجه به نیاز به انتقال داده‌های پیچیده‌تر و بیشتر در آینده، 6G به‌طور قابل‌توجهی از سرعت انتقال 5G فراتر خواهد رفت و این امکان را به‌ویژه در زمینه‌های مختلفی مانند پردازش داده‌های بزرگ[۱۰] و تعاملات هوش مصنوعی فراهم خواهد آورد.

یکی دیگر از ویژگی‌های مهم 6G نسبت به 5G کاهش چشمگیر تأخیر در انتقال داده‌ها است. درحالی‌که 5G با تأخیر حدود ۱ میلی‌ثانیه عملکردی قابل‌قبول را در اختیار می‌گذارد، نسل ششم به حداقل رساندن این تأخیر می‌پردازد. این قابلیت موجب می‌شود که 6G قادر به ارائه خدماتی باشد که نیاز به زمان

پاسخ‌دهی فوری و بلادرنگ دارند. کاربردهایی همچون کنترل از راه دور در صنایع حساس، ارتباطات در خودروهای خودران و شبکه‌های ارتباطی بسیار حساس به تأخیر در نسل ششم، از ویژگی‌های برجسته این فناوری خواهند بود.

یکی از دلایل اصلی توجه به 6G، بهبود و افزایش ظرفیت شبکه است. 5G به‌طور مؤثر تعداد زیادی از دستگاه‌ها را به هم متصل می‌کند، اما 6G قادر به پشتیبانی از تعداد به‌مراتب بیشتری دستگاه به‌طور هم‌زمان خواهد بود. در دنیای امروز و آینده، با رشد بی‌وقفه تعداد دستگاه‌های متصل به اینترنت و نیاز به ارتباطات میان دستگاه‌ها، این ویژگی 6G اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. به‌ویژه در شهرهای هوشمند و زیرساخت‌های پیچیده، ظرفیت بالای 6G برای مدیریت حجم عظیم داده‌های تولیدشده توسط دستگاه‌ها و حسگرهای مختلف، امری ضروری خواهد بود.

جدول ۱. مقایسه شاخص‌های عملکرد کلیدی بین سیستم‌های ارتباطی 6G و 5G

شاخص‌های کلیدی عملکرد	5G	6G
حداکثر سرعت داده در هر دستگاه	۱۰ گیگابایت در ثانیه	۱ ترابایت در ثانیه
تأخیر انتها به انتها	۱۰ میلی‌ثانیه	کمتر از ۰٫۱ میلی‌ثانیه
پشتیبانی از تحرک	۵۰۰ کیلومتر بر ساعت	۱۰۰۰ کیلومتر بر ساعت
بازده طیفی لینک پایین	۳۰ بیت در ثانیه بر هرتز	۱۰۰ بیت در ثانیه بر هرتز
افزایش بهره‌وری انرژی در مقایسه با 4G	۱۰ برابر	۱۰۰۰ برابر
باند فرکانس	• زیر ۶ گیگاهرتز • موج میلی‌متری برای دسترسی ثابت	• زیر ۶ گیگاهرتز • موج میلی‌متری برای دسترسی ثابت و موبایل • باند THz (بالای ۳۰۰ گیگاهرتز) • نوار نور مرئی
چگالی اتصال	۱۰ به توان۶ دستگاه در کیلومترمربع	۱۰ به توان۸ دستگاه در کیلومترمربع
حالت پوشش	شبکه‌های سلولی	• شبکه‌های سلولی • شبکه‌های یکپارچه هوا–فضا–زمین • شبکه‌های ارتباطی زیر آب
قابلیت اطمینان	۹۹٫۹۹۹ درصد	۹۹٫۹۹۹۹۹ درصد
دقت موقعیت‌یابی	در سطح متر	در سطح سانتی‌متر
حساسیت گیرنده	-120 dBm	کمتر از -130 dBm
استفاده از هوش مصنوعی	جزئی	کامل

از دیگر قابلیت‌های برجسته 6G، گسترش پوشش شبکه به‌ویژه از طریق استفاده از فناوری‌های جدید مانند شبکه‌های فضایی و ماهواره‌ای است. درحالی‌که 5G محدود به زیرساخت‌های زمینی است، 6G قادر خواهد بود که از طریق ارتباطات ماهواره‌ای پوشش جهانی و متصل به شبکه را به تمامی نقاط زمین، حتی در مناطق دورافتاده و صعب‌العبور، ارائه دهد. این ویژگی به‌ویژه در بخش‌هایی مانند ارتباطات بین‌المللی و شبکه‌های پیشرفته در جوامع دورافتاده یا هنگام بحران‌ها و بلایای طبیعی کاربرد خواهد داشت. این پیشرفت می‌تواند ارتباطات را در مناطقی که به‌طورمعمول از دسترسی به شبکه‌های زمینی محروم‌اند، ممکن کند.

در کنار این ویژگی‌ها، امنیت و حفاظت از حریم خصوصی در شبکه‌های ارتباطی یکی از مسائل حیاتی است که در 6G به‌طور قابل‌توجهی بهبود خواهد یافت. 5G هرچند امنیت مناسبی دارد، اما با توجه به رشد تهدیدات سایبری و افزایش تعداد دستگاه‌های متصل، 6G با استفاده از پروتکل‌های پیشرفته‌تر و فناوری‌های نوین مانند رمزنگاری کمی و کیفی، هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی، قادر خواهد بود به‌طور مؤثرتری از داده‌ها و ارتباطات در برابر تهدیدات سایبری محافظت کند.

یکی دیگر از قابلیت‌های نوآورانه 6G، قابلیت آن در تعامل با فناوری‌های پیشرفته‌ای همچون هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها است. 6G با استفاده از این فناوری‌ها، قادر به پیش‌بینی و واکنش به شرایط مختلف به‌طور بلادرنگ خواهد بود. این ویژگی به شبکه‌های ارتباطی این امکان را می‌دهد که تصمیمات هوشمندانه‌تری بگیرند و درنتیجه تجربه ارتباطی بهتری را برای کاربران فراهم کنند.

درنهایت، 6G نه‌تنها توانایی‌های فنی بیشتری نسبت به 5G دارد، بلکه ازلحاظ کاربردی نیز باید به‌طور گسترده‌تری در زمینه‌های مختلف ازجمله خودروهای خودران، اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، ارتباطات فضایی و بسیاری از دیگر حوزه‌ها استفاده شود. با توجه به این ویژگی‌ها، نسل ششم ارتباطات به‌عنوان یک ضرورت برای رفع چالش‌ها و بهره‌برداری بهینه از امکانات آینده مطرح می‌شود. درنتیجه، حرکت به سمت 6G از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چراکه پاسخ‌گویی به نیازهای رو به رشد دنیای متصل و هوشمند آینده را امکان‌پذیر خواهد کرد.

با توجه به این ویژگی‌ها، اگرچه نسل پنجم هنوز در حال تکمیل و توسعه است، اما دنیای ارتباطات نیاز به پیشرفت و به‌روزرسانی در زیرساخت‌ها و فناوری‌های ارتباطی دارد تا قادر به پاسخگویی به نیازهای رو به رشد جهانی و هم‌زمان رفع چالش‌های موجود باشد. 6G به‌عنوان نسل بعدی، می‌تواند نیازهای بیشتری را پوشش دهد و به‌طور چشمگیری به بهبود کیفیت زندگی شهری، اقتصاد دیجیتال و تعاملات انسانی کمک کند.

۲-۲ چالش‌ها در مدیریت ترافیک شهری

مدیریت ترافیک شهری در دنیای امروز با مشکلات و چالش‌های متعددی مواجه است که تأثیرات منفی زیادی بر کیفیت زندگی شهری دارند. از ترافیک سنگین گرفته تا مسائل ایمنی، این مشکلات همواره به‌عنوان دغدغه‌های اصلی برای مدیران شهری و مسئولان حمل‌ونقل مطرح بوده‌اند. در این بخش، به برخی از مهم‌ترین چالش‌ها در مدیریت ترافیک شهری پرداخته می‌شود.

یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در مدیریت ترافیک شهری، ترافیک سنگین و ازدحام در ساعات پیک است. در بسیاری از شهرهای بزرگ، تعداد خودروها به حدی افزایش یافته است که حتی با وجود زیرساخت‌های حمل‌ونقل پیشرفته، معابر شهری نمی‌توانند حجم بالای ترافیک را تحمل کنند. این مشکل نه‌تنها باعث افزایش زمان سفر می‌شود، بلکه مصرف سوخت و آلودگی هوا را نیز به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. همچنین، ازدحام بیش‌ازحد ترافیک در ساعات پیک می‌تواند تأثیر منفی بر روحیه و رفاه عمومی شهروندان بگذارد. این مشکلات ناشی از افزایش سطح ازدحام، به‌ویژه در ساعات اوج ازدحام، می‌تواند ناشی از این امر باشد که چارچوب‌های فعلی فاقد قابلیت‌های پویای موردنیاز برای انطباق در زمان واقعی با شرایط ترافیکی متغیر هستند.

علاوه بر این، سیستم‌های مدیریت ترافیک موجود اغلب در توانایی خود برای تطبیق با افزایش شهرنشینی و تراکم وسایل نقلیه محدود هستند. سیستم‌ها اغلب با مقیاس‌پذیری دست‌وپنجه نرم می‌کنند، زیرا زیرساخت فعلی نمی‌تواند به اندازه کافی از رشد تصاعدی تقاضای ترافیک پشتیبانی کند. این نارسایی بیشتر با فناوری‌های قدیمی تشدید می‌شود که نمی‌توانند به‌طور یکپارچه با سیستم‌های جدیدتر و سازگارتر ادغام شوند که منجر به ناکارآمدی در تنظیم و نظارت ترافیک می‌شود.

یکی از مسائل کلیدی دیگر در مدیریت ترافیک، نبود سیستم‌های هوشمند و دقیق برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی رفتار ترافیک است. بسیاری از سیستم‌های موجود قادر به پیش‌بینی شرایط ترافیکی

در زمان واقعی نیستند و تنها به‌صورت پس نگر داده‌ها را پردازش می‌کنند. این مشکل باعث می‌شود که در بسیاری از مواقع، واکنش‌های مدیریت ترافیک به‌صورت دیرهنگام انجام شود و مشکلات ترافیکی به‌سرعت برطرف نشوند.

چالش دیگری که در بسیاری از کلان‌شهرها وجود دارد، مدیریت همزمان چندین نوع سیستم حمل‌ونقل است. سیستم‌های مختلف مانند مترو، اتوبوس، تاکسی، دوچرخه‌سواری و خودروهای شخصی اغلب به‌صورت جداگانه عمل می‌کنند و ارتباط کمی با یکدیگر دارند. این امر منجر به کاهش کارایی سیستم حمل‌ونقل و ایجاد تداخل در مسیرها می‌شود. به‌علاوه، ناهماهنگی بین این سیستم‌ها باعث افزایش ترافیک و مشکلات زمان‌بندی می‌شود که مدیریت آن را دشوار می‌کند.

علاوه بر این مشکلات مربوط به ایمنی ترافیک و تصادفات نیز یکی از چالش‌های عمده در بسیاری از شهرها است؛ زیرا پیچیدگی محیط‌های شهری خطر تصادفات را افزایش می‌دهد و اقدامات قوی‌تر برای محافظت از کاربران جاده را ضروری می کند. تصادفات رانندگی یکی از علل اصلی مرگ‌ومیر در بسیاری از کشورهای جهان است و به‌ویژه در مناطق شهری، تراکم بالای خودروها می‌تواند منجر به حوادث ناگوار شود. این مسئله نیازمند سیستم‌های پیشرفته‌تری برای شناسایی و مدیریت خطرات است، اما در حال حاضر بسیاری از سیستم‌ها توانایی شناسایی تهدیدات در لحظه را ندارند.

علاوه بر این، عوامل انسانی، مانند رفتار راننده، به‌طور قابل‌توجهی بر چالش‌های مدیریت ترافیک در مناطق شهری تأثیر می‌گذارد. تصمیمات رانندگان، اغلب تحت تأثیر متغیرهایی مانند استرس، خستگی و حواس‌پرتی، می‌تواند منجر به الگوهای ترافیکی غیرقابل‌پیش‌بینی شود و احتمال تصادفات را افزایش دهد. این عناصر انسانی سطحی از تنوع را معرفی می‌کنند که توسعه سیستم‌های مدیریت ترافیک مؤثر را پیچیده می‌کند و به استراتژی‌های انطباقی برای کاهش تأثیر آن‌ها نیاز دارد. گذار به یکپارچه‌سازی فناوری‌های 6G فرصتی برای پرداختن به این چالش‌ها با تسهیل تجزیه‌وتحلیل داده‌های بلادرنگ و سیستم‌های ترافیکی پاسخگو است که می‌توانند به‌صورت پویا با تغییرات رفتار راننده سازگار شوند.

علاوه بر این، ترافیک شهری به‌طور قابل‌توجهی به نگرانی‌های زیست‌محیطی کمک می‌کند، در درجه اول از طریق آلودگی و مصرف انرژی. تراکم وسایل نقلیه در مناطق شهری منجر به افزایش سطح انتشارات مضر می‌شود که به تخریب کیفیت هوا کمک می‌کند و خطرات سلامتی را برای ساکنان به همراه دارد. این مشکل با جریان ناکارآمد ترافیک که منجر به مصرف سوخت غیرضروری و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود، تشدید می‌شود. ازآنجایی‌که شهرها با زیرساخت‌های قدیمی دست‌وپنجه نرم می‌کنند، تقاضا برای راه‌حل‌های کارآمد انرژی شدیدتر می‌شود و نیاز به پیشرفت در فناوری‌های پایدار برای کاهش این تأثیرات دارد. با پرداختن به این چالش‌های زیست‌محیطی، برنامه ریزان شهری می‌توانند کشف کنند که چگونه شبکه‌های ارتباطی 6G فرصتی را برای پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت ترافیک پاک‌تر و کارآمدتر ارائه می‌دهند و درنهایت ردپای کربن حمل‌ونقل شهری را کاهش می‌دهند.

کمبود پارکینگ از دیگر مشکلات بزرگ شهری است که منجر به افزایش ترافیک در سطح شهر می‌شود. در بسیاری از مناطق شهری، جستجوی پارکینگ می‌تواند وقت‌گیر و استرس‌آور باشد. این جستجو نه‌تنها باعث مصرف سوخت و زمان اضافی می‌شود، بلکه منجر به ترافیک بیشتر در مناطق پرتردد می‌گردد. عدم دسترسی به پارکینگ‌های کافی، افراد را مجبور به پارک در مکان‌های غیرمجاز می‌کند که این امر موجب تشدید مشکلات ترافیکی می‌شود.

عدم توانایی سیستم‌های حمل‌ونقل در برقراری ارتباط مؤثر با زیرساخت‌های شهری نیز، چالش‌های دیگری است که امروزه با آن مواجه هستیم. به‌طور مثال، در مواقعی که شرایط جوی نامساعد یا بلایای طبیعی مانند باران‌های سیل‌آسا یا برف سنگین به وقوع می‌پیوندد، عدم وجود هماهنگی مناسب بین سیستم‌های

حمل‌ونقل و سایر زیرساخت‌ها موجب مشکلات جدی در مدیریت بحران می‌شود. این مسئله نشان‌دهنده نیاز به سیستم‌های هماهنگ و هوشمندتر است که بتوانند در چنین شرایطی به‌طور سریع و مؤثر واکنش نشان دهند.

درنهایت، یکی از چالش‌های اساسی در مدیریت ترافیک، استفاده ناکافی از داده‌های حجیم است. امروزه با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در فناوری اطلاعات و ارتباطات، بسیاری از سیستم‌های ترافیکی نتوانسته‌اند از داده‌های به‌دست‌آمده از حسگرها، دوربین‌ها و سایر منابع به‌طور مؤثر بهره‌برداری کنند. این داده‌ها می‌توانند اطلاعات حیاتی را برای مدیریت بهتر ترافیک و پیش‌بینی شرایط جوی و ترافیکی در اختیار مدیران شهری قرار دهند، اما در حال حاضر، استفاده بهینه از آن‌ها به‌طور کافی صورت نمی‌گیرد.

این چالش‌ها نیازمند راهکارهای نوین و فناوری‌های پیشرفته‌ای هستند که قادر به بهبود و حل مشکلات مدیریت ترافیک شهری و ایمنی ترافیک باشند. در بخش‌های بعدی، به بررسی راهکارها و فرصت‌هایی خواهیم پرداخت که فناوری‌های جدید، به‌ویژه ارتباطات نسل ششم، می‌توانند در کاهش این چالش‌ها فراهم کنند.

۲-۳ نقش ارتباطات نسل ششم در رفع چالش‌های مدیریت و کنترل ترافیک شهری

با توجه به قابلیت‌ها و ویژگی‌های منحصربه‌فرد ارتباطات نسل ششم که پیش‌تر به آن‌ها اشاره شد، این فناوری می‌تواند تأثیر چشم‌گیری در رفع چالش‌های موجود و بهبود مدیریت و کنترل ترافیک شهری داشته باشد. نسل ششم با ویژگی‌هایی مانند سرعت فوق‌العاده بالا، تأخیر کم، افزایش ظرفیت شبکه، پوشش جهانی و امنیت بالاتر، قادر است به‌طور مؤثر مشکلات پیچیده ترافیک شهری را بهبود بخشیده و به‌ویژه در سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل نقش اساسی ایفا کند. در این بخش، نحوه ارتباط 6G با رفع چالش‌های مدیریت ترافیک شهری که در بخش قبل مطرح شد، بررسی خواهد شد.

۲-۳-۱ بهینه‌سازی جریان ترافیک و کاهش ترافیک‌های سنگین

یکی از چالش‌های اصلی در مدیریت ترافیک شهری، بهینه‌سازی جریان ترافیک و کاهش ترافیک‌های سنگین است. افزایش مورد انتظار در نرخ داده و ظرفیت شبکه با فناوری 6G نویدبخش بهبود چشمگیر سیستم‌های مدیریت ترافیک شهری است. قابلیت‌های انتقال داده افزایش‌یافته، تجزیه‌وتحلیل و انتشار بی‌درنگ داده‌های ترافیک را ممکن می‌سازد که برای بهینه‌سازی جریان ترافیک در مناطق پرجمعیت بسیار مهم است. این داده‌ها می‌توانند از حسگرهای جاده‌ای، دوربین‌ها و خودروهای متصل به سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به دست آیند. با استفاده از این داده‌ها و با کمک هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی، 6G قادر خواهد بود که جریان ترافیک را به‌طور بهینه تنظیم کند. برای مثال، در زمان‌های پیک ترافیک، 6G می‌تواند سیگنال‌های ترافیکی را به‌طور آنی تنظیم کرده و مسیرهای بهینه را برای رانندگان پیشنهاد دهد. این قابلیت می‌تواند به کاهش ترافیک‌های سنگین و بهبود جریان ترافیک کمک کند.

فناوری ارتباطی نسل ششم با پهنای باند بالا، تأخیر کم و پوشش گسترده، پشتیبانی قوی از داده‌ها و تضمین‌های ارتباطی را برای مدیریت هوشمند شبکه جاده‌ای فراهم می‌کند. در مقاله [۱۹]، کاربرد فناوری ارتباطی 6G و الگوریتم‌های یادگیری تقویتی عمیق[۱۱] در مدیریت شبکه جاده‌ای هوشمند، با هدف افزایش هوش سیستم‌های مدیریت ترافیک بررسی شده است. الگوریتم‌های یادگیری تقویتی عمیق قادر به مدیریت محیط‌های ترافیکی پیچیده هستند و از طریق خودآموزی و بهینه‌سازی می‌توانند به تصمیم‌گیری هوشمند و برنامه‌ریزی مسیر دست یابند. هسته اصلی این روش در توانایی آن برای مدیریت پیچیده و پویا جریان‌های ترافیکی در حال تغییر، تنظیم طرح‌های سیگنال ترافیک بر اساس داده‌های زمان واقعی برای انطباق با شرایط مختلف ترافیک نهفته است. با یادگیری الگوهای توزیع ترافیک، مدل سیگنال‌های ترافیکی مناسب برای هر تقاطع تولید می‌کند و

درنتیجه طرح‌های سیگنال ترافیکی را بهینه می‌کند. آزمایش‌های شبیه‌سازی نشان دادند که در مقایسه با الگوریتم شبکه عصبی کانولوشنال[۱۲]، یادگیری تقویتی عمیق نه‌تنها میانگین زمان سفر را ۲۸,۲ درصد کاهش داد، بلکه میانگین سرعت سفر را ۲۶,۳ درصد افزایش داد و به‌طور قابل‌توجهی میانگین طول صف را تا ۴۲,۹ درصد کاهش داد. این نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم یادگیری تقویتی عمیق پیشنهادی مزایای قابل‌توجهی را در کاهش تراکم ترافیک و بهینه‌سازی کنترل سیگنال ترافیک نشان می‌دهد.

شهر هوشمند و سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند[۱۳] با کمک فناوری پیشرفته اینترنت اشیاء[۱۴] که با فناوری ارتباطی نسل ششم تقویت‌شده، حمل‌ونقل شهری را بسیار پایدارتر و هوشمندتر کرده است. صدها حسگر در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند داده‌های بی‌درنگ ترافیک را جمع‌آوری می‌کنند تا کارایی را افزایش داده و ازدحام را به حداقل برسانند.

پتانسیل فناوری 6G برای ارتقای قابلیت‌های نظارت بر ترافیک و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در زمان واقعی در ویژگی‌های ارتباطی و انتقال داده برتر آن نهفته است. با توانایی 6G برای پشتیبانی از ارتباطات بسیار مطمئن با تأخیر کم، سیستم‌های مدیریت ترافیک می‌توانند دینامیک ترافیک را در زمان واقعی تجزیه‌وتحلیل کرده و به آن پاسخ دهند که برای کنترل ترافیک تطبیقی بسیار مهم است. این قابلیت امکان تنظیم لحظه‌ای سیگنال‌های ترافیکی و هماهنگی بهتر در شبکه‌های مختلف حمل‌ونقل را فراهم می‌کند و درنتیجه جریان ترافیک را بهینه می‌کند و ازدحام را کاهش می دهد.

۲-۳-۲ پیش‌بینی تصادفات و حوادث ترافیکی

پیش‌بینی و جلوگیری از تصادفات و حوادث ترافیکی یکی دیگر از چالش‌های مهم در مدیریت ترافیک شهری است. با استفاده از 6G، شبکه‌های ارتباطی قادر به پردازش داده‌های بلادرنگ از حسگرهای جاده‌ای و خودروها خواهند بود. این داده‌ها می‌توانند شامل اطلاعات مربوط به‌سرعت خودروها، وضعیت آب‌وهوا، شرایط جاده‌ها و رفتار رانندگان باشند. نسل ششم ارتباطات با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی قادر خواهد بود به‌طور لحظه‌ای وضعیت جاده‌ها و رانندگان را تحلیل کرده و خطرات احتمالی را پیش‌بینی کند. درنتیجه، می‌توان هشدارهای فوری به رانندگان ارسال کرده یا مسیرهای جایگزین ایمن‌تر را پیشنهاد داد تا از وقوع تصادفات جلوگیری شود.

سیستم کنترل جریان ترافیک هوشمند مبتنی بر6G می‌تواند به‌طور مؤثری دقت و سرعت پاسخگویی پیش‌بینی ترافیک را افزایش دهد، کنترل سیگنال را بهینه کند، نرخ تصادف را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد و رضایت کلی کاربران را بهبود بخشد. از طریق ترکیب پتانسیل کاربردی فناوری نسل ششم و الگوریتم جنگل تصادفی[۱۵] در سیستم ایمنی ترافیک هوشمند می‌توان توانایی نظارت و پیش‌بینی بلادرنگ شرایط ترافیک را بهبود بخشید. مزایای فناوری نسل ششم در انتقال داده‌ها در زمان واقعی و پردازش کارآمد داده‌ها است و کاربرد الگوریتم جنگل تصادفی در تراکم ترافیک و پیش‌بینی تصادف موردبحث قرار می‌گیرد.

به‌عنوان نمونه شرکت NEC با استفاده از فناوری 5G، پیاده‌سازی تجزیه‌وتحلیل تصویری را برای تقاطع‌های ترافیکی توسعه داد. این پیاده‌سازی شامل زیرساخت‌های سخت‌افزاری و برنامه‌های نرم‌افزاری بود که از ارتباطات 5G پشتیبانی می‌کردند که امکان تأخیر کم و ارتباطات ایمن را فراهم می‌کرد. موسسه حمل‌ونقل فناوری ویرجینیا (VTTI)[۱۶] با NEC همکاری کرد تا استفاده از باند آزمایشی ۳۴۰۰ تا ۳۵۰۰ مگاهرتز را بدون ادغام سیستم دسترسی به طیف، برای اجرای موفقیت‌آمیز استقرار 5G خصوصی در تقاطع جاده هوشمند VTTI و مرکز داده تسهیل کند. هدف ارائه مکانیسم‌های هشدار به عابران پیاده و وسایل نقلیه با استفاده از فناوری وسیله نقلیه سلولی به همه‌چیز[۱۷]، در هنگام نزدیک شدن به یک تقاطع ترافیکی و شناسایی موقعیت خطرناک بود. این پروژه یک لایه ایمنی دیگر را برای کاربران جاده در طول تقاطع فراهم می‌کند. شبکه خصوصی 5G به ارتباطات با تأخیر بسیار کم بین چندین دوربین نصب‌شده در

اطراف تقاطع و سرورهای لبه و MEC [۱۸] اجازه می‌دهد تا تجزیه‌وتحلیل ویدیویی را برای تولید هشدار بر اساس شش مورداستفاده خاص اجرا کنند:

- پیش‌بینی برخورد
- اطلاعیه پارکینگ خیابان
- تشخیص تصادفات رانندگی
- تشخیص گذرگاه عابر پیاده
- تشخیص وسیله نقلیه برای گردش‌به‌راست و چپ
- تشخیص بیش‌ازحد سرعت

کل تأخیر سیستم برای این مرحله آزمایشی تقریباً ۳۵۰ میلی‌ثانیه بود، یعنی از زمان شروع رویداد تا زمانی که عابران پیاده و وسایل نقلیه هشدار را دریافت می‌کردند. اگرچه تیم تحقیقاتی با تأخیر به‌دست‌آمده تشویق شدند، اما برای هشدارهای حیاتی ایمنی مانند این‌ها، هر میلی‌ثانیه به‌حساب می‌آید تا بهبودها اثربخشی چنین هشدارهایی را افزایش دهند. ناگفته پیداست که ویژگی های فنی 6G کارایی پروژه‌ای ازاین‌دست را تا حدود زیادی افزایش خواهد داد.

افزایش روزافزون رشد جمعیت، استفاده از وسایل نقلیه را افزایش می‌دهد که تصادفات جاده‌ای را هرروز افزایش می‌دهد. باوجود توسعه اقدامات ایمنی ترافیکی، میزان مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات جاده‌ای برجسته است. نیاز به یک محیط مستقل و هوشمند وجود دارد که به‌اندازه کافی هوشمند باشد تا بتواند یک موقعیت دشوار را تجزیه‌وتحلیل کند و راه‌حل‌هایی برای جلوگیری از هرگونه حادثه خطرناک ارائه دهد که این امر توسط ارتباطات وسیله نقلیه به همه‌چیز (V2X)[۱۹] ارائه می‌شود. یکی از موارد استفاده قابل‌توجه، پیش‌بینی میزان شدت و ارائه خدمات اورژانسی به نهادهای آسیب‌دیده در حوادث است. کمک‌های اضطراری باید در حداقل زمان در طول یک سناریوی تصادف ارائه شود. ازاین‌رو، رویه‌های مدیریت تصادفات کارآمد باید برای ایمنی عمومی وجود داشته باشد. عوامل زیادی با تصادفات رانندگی مطابقت دارند و تعیین عوامل مهم، شدت تصادفات را تعیین می‌کند. در مقاله [۲۴] یک طرح تشخیص شدت تصادف مبتنی بر هوش مصنوعی را برای ارتباطات V2X فراتر از شبکه‌های نسل پنجم پیشنهاد شده است که یک طبقه‌بندی‌کننده جنگل تصادفی مبتنی بر یادگیری ماشین[۲۰] عوامل تأثیرگذار مؤثر بر شدت تصادف را شناسایی می‌کند و سطوح شدت تصادف را بر اساس طبقه‌بندی به دست آوردن، تقریباً پیش‌بینی می‌کند و با دقت ۸۰ درصد همچنین پس از پیش‌بینی، بسته به شدت حادثه، به نزدیک‌ترین اورژانس هشدار داده شده و به محل حادثه اعزام می‌شود. در این مقاله شبکه ارتباطی نسل ششم با طرح پیشنهادی ادغام شده تا راه‌حلی مقیاس‌پذیر و مقاوم در برابر تأخیر ایجاد شود.

۲-۳-۳ مدیریت خودروهای خودران

با توجه به توسعه روزافزون خودروهای خودران، مدیریت ترافیک شهری به شکلی جدید نیازمند تغییرات اساسی است. خودروهای خودران نیاز به ارتباطات بلادرنگ با یکدیگر و زیرساخت‌های شهری دارند تا به‌طور خودکار و هماهنگ در مسیرهای شهری حرکت کنند.

پیش‌بینی می‌شود که فناوری 6G از ارتباطات بسیار مطمئن با تأخیر کم و ارتباطات ماشینی عظیم پشتیبانی کند که برای زیرساخت‌های شهری مدرن حیاتی هستند. ارتباطات بسیار مطمئن با تأخیر کم پیوندهای ارتباطی قوی و آنی را ارائه می‌کند که برای مدیریت ترافیک و برنامه‌های ایمنی در زمان واقعی اهمیت بالایی دارند. این قابلیت‌ها برای سیستم‌هایی مانند هماهنگی خدمات اضطراری و عملیات خودروهای خودمختار ضروری هستند که حتی حداقل تأخیرها می‌توانند منجر به اختلالات قابل‌توجهی شوند. ادغام فناوری 6G به‌طور قابل‌توجهی ارتباطات و هماهنگی خودروهای خودمختار را تقویت می‌کند که برای آینده تحرک شهری بسیار مهم است. ارتباطات فوق‌العاده قابل‌اعتماد با تأخیر کم و شبکه‌های با ظرفیت بالا 6G تبادل بی‌وقفه و بی‌درنگ داده را بین وسایل نقلیه خودران و زیرساخت‌های شهری امکان‌پذیر می‌سازد که منجر به

بهبود جریان ترافیک و استانداردهای ایمنی می‌شود. با تسهیل ارتباطات آنی، 6G به وسایل نقلیه خودران اجازه می‌دهد تا حرکات را به‌طور مؤثری هماهنگ کنند، خطر برخورد را کاهش داده و کارایی کلی ترافیک را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، این شبکه‌های پیشرفته از تجزیه‌وتحلیل داده‌های پیچیده و فرآیندهای تصمیم‌گیری پشتیبانی می‌کنند و به وسایل نقلیه اجازه می‌دهند به‌صورت پویا با شرایط متغیر ترافیک سازگار شوند و استقلال عملیاتی خود را افزایش دهند. درنتیجه، قابلیت‌های 6G نه‌تنها به چالش‌های مدیریت ترافیک موجود رسیدگی می‌کند، بلکه با تقویت توسعه و استقرار سیستم‌های خودروی خودران که در محیط‌های پرجمعیت ایمن، کارآمد و قابل‌اعتماد هستند، چشم‌انداز حمل‌ونقل شهری را نیز متحول می‌کند.

ازنظر الزامات فنی، رانندگی خودران چالش‌برانگیزترین مورداستفاده از حمل‌ونقل هوشمند است. سطح اولیه وسایل نقلیه خودمختار (معمولاً در سناریوهایی مانند معدن، استخراج معادن، ساخت‌وساز و کشاورزی استفاده می‌شود) نیاز به رانندگی از راه دور انسانی و عملیات از راه دور دارد. وسایل نقلیه خودران سطح ۵ یک مورداستفاده پیشرفته‌تر است که معنای سفر با ماشین را دوباره تعریف می‌کند. ازآنجایی‌که وسایل نقلیه خودران به‌طور کامل کنترل رانندگی و برنامه‌ریزی مسیر را به دست می‌گیرند، سفر با چنین وسایل نقلیه‌ای می‌تواند آرامش‌بخش، لذت‌بخش و سازنده باشد و درعین‌حال مزیت یک فضای خصوصی را حفظ کند. برای مقابله با موقعیت‌های پیش‌بینی‌نشده، قابلیت‌های سنجش و هوش مصنوعی ارائه‌شده توسط 6G و همچنین تأخیر بسیار کم، قابلیت اطمینان بالا و مکان‌یابی دقیق ضروری است.

۲-۳-۴ بهبود هماهنگی بین دستگاه‌های متصل (IoT) و سیستم‌های حمل‌ونقل

پیشرفت‌ها در فناوری شبکه، مانند 4G و 5G، کنترل سیگنال ترافیک را با بهبود جریان داده و هماهنگی در مراکز مدیریت ترافیک به‌طور قابل‌توجهی افزایش داده است. این شبکه‌ها امکان ادغام دستگاه‌های اینترنت اشیاء را فراهم می‌کنند که به‌طور مداوم شرایط ترافیکی را برای کاهش ازدحام و افزایش ایمنی جاده نظارت و تطبیق می‌دهند. اگرچه این پیشرفت‌ها نشان‌دهنده پیشرفت قابل‌توجهی است، انتظار می‌رود که تکامل شبکه‌های 6G این استراتژی‌ها را با ارائه پردازش سریع‌تر داده‌ها و اتصال قوی‌تر بهینه‌سازی کند. این زیرساخت ارتباطی بهبودیافته محدودیت‌های موجود در پردازش داده‌ها و اتصال را برطرف می‌کند که مانع از اثربخشی سیستم‌های مدیریت ترافیک فعلی می‌شود. علاوه بر این، ویژگی‌های کم تأخیر و ظرفیت بالا ذاتی فن‌آوری‌های 6G، تعامل یکپارچه بین دستگاه‌های متصل متعدد، مانند چراغ‌های راهنمایی و وسایل نقلیه را تضمین می‌کند و شبکه ترافیک شهری هماهنگ‌تر و انعطاف‌پذیرتری را تقویت می‌کند.

این پیشرفت‌ها به سیستم‌های ترافیک اجازه می‌دهد تا از تعداد زیادی اتصال همزمان دستگاه پشتیبانی کنند و جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل جامع‌تر داده‌ها را از طریق حسگرهای به‌هم‌پیوسته و زیرساخت‌های هوشمند تسهیل می‌کنند. درنتیجه، مدیریت ترافیک شهری می‌تواند سازگارتر و پاسخگوتر به شرایط زمان واقعی باشد و به‌طور قابل‌توجهی ازدحام را کاهش دهد و اقدامات ایمنی را بهبود بخشد؛ بنابراین بهره‌گیری از پتانسیل کامل ظرفیت داده قوی 6G نقشی اساسی در پیشرفت چارچوب‌های مدیریت ترافیک ایفا می‌کند و راه را برای محیط‌های شهری هوشمندتر و کارآمدتر هموار می‌کند.

با ادامه افزایش جمعیت شهری، مدیریت کارآمد سیستم‌های ترافیکی به‌طور فزاینده‌ای ضروری شده است. ظهور ارتباطات 6G نوید تغییر این چشم‌انداز را با فعال کردن شبکه‌های ویژه وسایل نقلیه (VANETs)[۲۱] می‌دهد که به‌طور قابل‌توجهی ارتباط بین وسایل نقلیه و زیرساخت‌ها را افزایش می‌دهد. برخلاف نسل‌های قبلی، 6G انتقال داده بسیار سریع و تأخیر بسیار کاهش می‌یابد که برای تصمیم‌گیری در زمان واقعی در سناریوهای ترافیک ضروری است. این جهش تکنولوژیکی بهبود آگاهی موقعیتی و مکان‌یابی دقیق وسیله نقلیه را تسهیل می‌کند و

امکان جلوگیری از تصادف و جریان ترافیک بهینه را فراهم می کند. علاوه بر این، ادغام محاسبات لبه در شبکه‌های 6G، پاسخ‌گویی را افزایش می‌دهد و پردازش داده‌ها را نزدیک‌ترین مکان به منبع آن ممکن می‌سازد و بنابراین تصمیم‌گیری را در شرایط بحرانی تسریع می‌کند؛ بنابراین قابلیت‌های 6G نه‌تنها چالش‌های موجود در مدیریت ترافیک شهری را بهبود می‌دهد، بلکه راه را برای راه‌حل‌ها و کاربردهای نوآورانه در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند هموار می‌کند.

6G با توانایی خود در پشتیبانی از ارتباطات عظیم ماشینی، می تواند اتصال یکپارچه را در میان مجموعه وسیعی از دستگاه‌ها و زیرساخت‌های هوشمند تضمین کند و جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها را در زمان واقعی ارتقا دهد. این سطح از یکپارچگی برای توسعه سیستم‌های مدیریت ترافیک تطبیقی که می‌توانند به‌طور پویا به شرایط در حال تغییر در محیط‌های شهری شلوغ پاسخ دهند، ضروری است.

۲-۳-۵ ارائه راه‌حل‌های حمل‌ونقل سبز و پایدار

یکی دیگر از چالش‌های مدیریت ترافیک شهری، ایجاد سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار و سبز است. توسعه سبز و پایدار، نیاز اصلی و هدف نهایی طراحی شبکه و ترمینال در 6G است. هدف 6G با معرفی مفهوم طراحی سبز و قابلیت هوش مصنوعی بومی بهبود بهره‌وری کلی انرژی ۱۰۰ برابر در سراسر شبکه و حفظ کل مصرف انرژی کمتر از 5G و درحالی‌که عملکرد و تجربه خدمات بهینه را نیز تضمین می‌کند، است. ازنظر مسیرهای تحقیقاتی برای طراحی شبکه 6G سبز انتها به انتها، فناوری‌های بالقوه برای تحقق بخشیدن به بهره‌وری انرژی، معماری‌ها، مواد، اجزای سخت‌افزاری، الگوریتم‌ها، نرم‌افزارها و پروتکل‌ها را شامل می‌شود.

تأخیر بسیار کم و پهنای باند بالای 6G از حمل‌ونقل کارآمدتر به طرق مختلف پشتیبانی می‌کند. مصرف انرژی خودروهای الکتریکی را می‌توان با نظارت بر مصرف و مدیریت مؤثرتر ایستگاه‌های شارژ بهینه کرد. علاوه بر این، پوشش جهانی 6G می‌تواند از نوآوری‌هایی مانند تحویل هواپیماهای بدون سرنشین پشتیبانی کند و مصرف انرژی کلی را در مقایسه با ناوگان کامیون کاهش دهد. با استفاده از داده‌های بلادرنگ، 6G مسیریابی هوشمند وسایل نقلیه را فعال می‌کند که انتشار کربن را کاهش می‌دهد و توزیع انرژی را بهبود می‌بخشد و کارایی را افزایش می دهد.

۲-۳-۶ افزایش امنیت و حفاظت از اطلاعات ترافیکی

امنیت اطلاعات در سیستم‌های مدیریت ترافیک شهری یکی از مسائل حیاتی است. 6G با استفاده از پروتکل‌های پیشرفته رمزنگاری و امنیتی، قادر خواهد بود اطلاعات حساس مربوط به ترافیک شهری، مانند داده‌های رانندگان و وضعیت جاده‌ها را به‌طور امن انتقال دهد. این امر باعث می‌شود که از نفوذ و سوءاستفاده‌های احتمالی در سیستم‌های مدیریت ترافیک جلوگیری شود و اعتماد عمومی به این سیستم‌ها افزایش یابد. به‌علاوه، با استفاده از امنیت بالاتر، می‌توان از دسترسی‌های غیرمجاز به سیستم‌های شهری و حمل‌ونقل جلوگیری کرد.

مهم‌ترین نیروی محرکه در جهش 6G، هوشمندی ذاتی متصل در شبکه‌های مخابراتی همراه با شبکه‌های پیشرفته و فناوری‌های هوش مصنوعی است. بااین‌حال، اتحاد بین 6G و هوش مصنوعی همچنین ممکن است در بسیاری از موارد یک شمشیر دولبه باشد درحالی‌که برای محافظت یا نقض امنیت و حریم خصوصی درخواست می‌شود. علاوه بر این، تلاش‌ها و پیشنهادات زیادی برای ترکیب فناوری‌های جدید مانند بلاک‌چین، ارتباطات نور مرئی[۲۲]، تراهرتز و ویژگی‌های محاسباتی و ارتباط کوانتومی در پارادایم‌های شبکه هوشمند 6G به‌گونه‌ای وجود دارد که با مسائل امنیتی و حریم خصوصی مقابله کند؛ بنابراین، ملاحظات امنیتی 6G باید ازنظر امنیت لایه فیزیکی، امنیت اطلاعات شبکه و امنیت مرتبط با یادگیری پیشرفته (به‌عنوان‌مثال، یادگیری عمیق) تعریف شود.

۴-۲ موانع و چالش‌های پیاده‌سازی ارتباطات نسل ششم در مدیریت ترافیک شهری

فناوری ارتباطات نسل ششم به دلیل اینکه با فناوری‌های دیگری مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، بلاکچین، کوانتوم درهم‌تنیده خواهد شد بنابراین ممکن است چالش‌های این فناوری‌ها را نیز به همراه داشته باشد که در این مقاله به این موضوع پرداخته نمی‌شود. بلکه برخی از موارد مربوط به پیاده‌سازی فناوری ارتباطات نسل ششم در مدیریت ترافیک شهری، اشاره خواهد شد.

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، نیاز به ایجاد و توسعه زیرساخت‌های فنی است. انتقال به سیستم‌های مدیریت ترافیک مجهز به 6G به دلیل محدودیت‌های مالی و لجستیکی قابل‌توجهی مانع می‌شود. ارتقای زیرساخت‌های موجود برای تطبیق با فناوری‌های 6G نیازمند سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی است که به‌ویژه برای شهرهایی با منابع مالی محدود چالش‌هایی را ایجاد می‌کند. هزینه‌ها در درجه اول از نیاز به ادغام سخت‌افزار ارتباطی جدید و حفظ سازگاری با سیستم‌های قدیمی‌تر ناشی می‌شود و این تغییر را به یک کار سخت مالی تبدیل می‌کند. از سوی دیگر لازم است تا شهرها باید به میزان قابل‌توجهی در سخت‌افزار و نرم‌افزار جدید سرمایه‌گذاری کنند، تلاشی که ممکن است بسیاری از مناطق شهری با توجه به محدودیت‌های بودجه‌ای خود چالش‌برانگیز باشند. مانع لجستیکی دیگر، برنامه‌ریزی و هماهنگی گسترده موردنیاز برای اجرای این تغییرات بدون ایجاد اختلال در عملیات ترافیک فعلی است. همان‌طور که مراکز شهری این چالش‌ها را دنبال می‌کنند، برنامه‌ریزی استراتژیک و تخصیص منابع در غلبه بر موانع استقرار مؤثر 6G بسیار مهم خواهد بود و اطمینان حاصل می‌کند که شهرها می‌توانند درنهایت از قابلیت‌های پیشرفته ارائه‌شده توسط این شبکه ارتباطی نسل بعدی بهره‌مند شوند.

ادغام فناوری 6G در زیرساخت‌های شهری نیازمند اقدامات نظارتی سخت‌گیرانه برای محافظت از حریم خصوصی شهروندان در عین حفظ کارایی و اثربخشی سیستم است. پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت ترافیک با قابلیت 6G نگرانی‌های امنیتی و حریم خصوصی قابل‌توجهی را ایجاد می‌کند. قابلیت‌های جمع‌آوری و پردازش بی‌درنگ داده‌های ذاتی این سیستم‌ها، مدیریت حجم وسیعی از اطلاعات حساس را ضروری می‌کند و خطر دسترسی غیرمجاز و سوءاستفاده احتمالی را افزایش می‌دهد. این آسیب‌پذیری به دلیل ماهیت به‌هم‌پیوسته شبکه‌های 6G تشدید می‌شود که در عین افزایش ارتباطات و تبادل داده، خطر حملات سایبری و نقض داده‌ها را نیز افزایش می‌دهد. چارچوب‌های نظارتی همچنین باید به نگرانی‌های بالقوه حریم خصوصی و امنیتی که از جمع‌آوری داده‌های گسترده و قابلیت‌های تجزیه‌وتحلیل بلادرنگ فعال‌شده توسط 6G برمی‌خیزد که نیازمند استراتژی‌های ظریف برای محافظت از اطلاعات شهروندان است، رسیدگی کند. سیاست‌گذاران باید دستورالعمل‌های روشنی را ایجاد کنند که نوآوری فن‌آوری را ترویج می‌کند و درعین‌حال اطمینان می‌دهد که توسعه زیرساخت‌ها با استانداردهای اجتماعی و اخلاقی همسو می‌شود. پرداختن به نگرانی‌های مربوط به قابلیت همکاری و همزمان حفظ حریم خصوصی داده‌ها در چارچوب‌های شهر هوشمند برای به حداکثر رساندن مزایای این تجزیه‌وتحلیل‌های بی‌درنگ و تضمین جریان ترافیک یکپارچه حیاتی است.

چالش‌های فنی مرتبط با استقرار زیرساخت‌های 6G در محیط‌های شهری فراتر از ملاحظات مالی است و شامل فرآیند پیچیده تخصیص طیف می‌شود. تخصیص طیف بسیار مهم است زیرا 6G نیاز به دسترسی به باندهای فرکانس بالا دارد که برای پشتیبانی از پردازش داده و قابلیت‌های انتقال داده آن ضروری است. موانع نظارتی و سیاستی به‌طور قابل‌توجهی پذیرش فناوری 6G را در محیط‌های شهری به چالش می‌کشد. توسعه و اجرای شبکه‌های 6G نیازمند هماهنگی دقیق بین چندین نهاد نظارتی برای اطمینان از تخصیص بهینه طیف الکترومغناطیسی است، فرآیندی که به دلیل کمبود و تقاضای زیاد برای باندهای

فرکانسی پیچیده است. بااین‌حال، رقابت برای این باندها در میان فن‌آوری‌های ارتباطی مختلف، فرآیند تخصیص را پیچیده می‌کند و نیاز به مقررات و نظارت دقیق برای جلوگیری از تداخل و اطمینان از عملکرد روان در سراسر شبکه‌ها دارد. علاوه بر این، استقرار شبکه‌های متراکم برای پشتیبانی از اتصال گسترده دستگاه 6G، موانعی را در ارتباط با مدیریت شبکه، ازجمله بهینه‌سازی مصرف انرژی و اطمینان از مدیریت کارآمد ترافیک داده، ایجاد می‌کند.

چالش دیگر در پیاده‌سازی 6G، نیاز به هماهنگی و یکپارچگی میان سیستم‌های مختلف است. فناوری 6G در نظر دارد ارتباطات بلادرنگ میان دستگاه‌های مختلف مانند خودروهای خودران، حسگرها، دوربین‌های ترافیکی و سیستم‌های مدیریت شهری برقرار کند. این امر نیازمند استانداردسازی و هماهنگی دقیق بین این دستگاه‌ها و زیرساخت‌های مختلف است. با توجه به این‌که بسیاری از سیستم‌ها هنوز به نسل‌های قبلی ارتباطات (مثلاً 4G و 5G) متصل هستند، ممکن است با مشکلاتی در یکپارچگی و همگام‌سازی روبه‌رو شویم. به همین دلیل، نیاز به به‌روزرسانی نرم‌افزارها و سخت‌افزارها و توسعه استانداردهای جدید برای اطمینان از ارتباطات مؤثر و کارآمد میان دستگاه‌ها وجود دارد.

درنهایت، یکی از چالش‌های مهم دیگر در پیاده‌سازی نسل ششم ارتباطات در مدیریت ترافیک شهری، تأمین و آموزش نیروی انسانی متخصص برای استفاده از این فناوری است. درحالی‌که برخی از افراد در حوزه‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌خوبی با تکنولوژی‌های جدید آشنا هستند، هنوز بسیاری از متخصصان و اپراتورها باید به‌طور مستمر آموزش ببینند تا بتوانند به‌طور مؤثر از قابلیت‌های پیشرفته 6G استفاده کنند. تربیت نیروی انسانی ماهر و متخصص برای این کار نیازمند زمان، منابع و برنامه‌های آموزشی ویژه است که خود یکی دیگر از موانع قابل‌توجه در این راستا است.

به‌طورکلی، پیاده‌سازی ارتباطات نسل ششم در مدیریت ترافیک شهری با چالش‌ها و موانع متعددی روبه‌رو است که نیازمند هماهنگی بین نهادهای مختلف، تخصیص منابع کافی و طراحی استراتژی‌های دقیق است؛ اما با مدیریت صحیح این چالش‌ها، می‌توان به بهره‌برداری مؤثر از فناوری 6G در بهبود کیفیت سیستم‌های ترافیکی شهری امیدوار بود.

۳. تحلیل داده‌ها

مدیریت ترافیک شهری در دنیای امروز با مشکلات و چالش‌های متعددی مواجه است که تأثیرات منفی زیادی بر کیفیت زندگی شهری دارند. ترافیک سنگین و ازدحام در ساعات پیک، عدم توانایی در تطبیق با افزایش شهرنشینی و تراکم وسایل نقلیه و مشکل مقیاس‌پذیری، نبود سیستم‌های هوشمند و دقیق برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی رفتار ترافیک به‌گونه‌ای که بسیاری از سیستم‌های موجود قادر به پیش‌بینی شرایط ترافیکی در زمان واقعی نیستند و تنها به‌صورت پس‌نگر داده‌ها را پردازش می‌کنند، عدم امکان مدیریت همزمان چندین نوع سیستم حمل‌ونقل، مشکلات مربوط به ایمنی ترافیک و تصادفات، عوامل انسانی مانند رفتار راننده که اغلب تحت تأثیر متغیرهایی مانند استرس، خستگی و حواس‌پرتی، می‌تواند منجر به الگوهای ترافیکی غیرقابل‌پیش‌بینی می‌شود و احتمال تصادفات را افزایش می‌دهد، نگرانی‌های زیست‌محیطی در قالب آلودگی هوا و مصرف بالای انرژی، عدم توانایی سیستم‌های حمل‌ونقل در برقراری ارتباط مؤثر با زیرساخت‌های شهری، کمبود پارکینگ و درنهایت استفاده ناکافی از داده‌های حجیم با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در فناوری اطلاعات و ارتباطات بخشی از این چالش‌هایی هستند که امروزه مدیریت ترافیک شهری با آن مواجه هستیم.

امروزه فناوری‌های نوین می‌تواند تأثیر چشم‌گیری در رفع چالش‌های موجود و بهبود مدیریت و کنترل ترافیک شهری داشته باشد. ارتباطات نسل ششم به‌عنوان نسل بعدی فناوری‌های ارتباطی، چشم‌انداز جدیدی را در زمینه اتصال جهانی، سرعت و کیفیت ارتباطات به ارمغان خواهد آورد و با ویژگی‌هایی مانند

سرعت فوق‌العاده بالا، تأخیر کم، افزایش ظرفیت شبکه، پوشش جهانی و امنیت بالاتر، احتمالاً می‌تواند به‌طور مؤثر مشکلات پیچیده ترافیک شهری را بهبود بخشیده و به‌ویژه در سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل نقش اساسی ایفا کند.

فناوری ارتباطی نسل ششم با پهنای باند بالا، تأخیر کم و پوشش گسترده، پشتیبانی قوی از داده‌ها و تضمین‌های ارتباطی را برای مدیریت هوشمند شبکه جاده‌ای فراهم می‌کند. صدها حسگر در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند داده‌های بی‌درنگ ترافیک را جمع‌آوری می‌کنند تا کارایی را افزایش داده و ازدحام را به حداقل برسانند و از این طریق به بهینه‌سازی جریان ترافیک و کاهش ترافیک‌های سنگین می‌تواند کمک کند. پیش‌بینی تصادفات و حوادث ترافیکی با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی از طریق تحلیل لحظه‌ای وضعیت جاده‌ها و رانندگان، ایجاد یک محیط مستقل و هوشمند که به اندازه کافی هوشمند باشد (به‌عنوان‌مثال توسط ارتباطات وسیله نقلیه به همه‌چیز (V2X)) برای تجزیه‌وتحلیل یک موقعیت دشوار و ارائه راه‌حل‌هایی برای جلوگیری از هرگونه حادثه خطرناک، توسعه روزافزون خودروهای خودران تا سطح ۵ که به‌طور کامل کنترل رانندگی و برنامه‌ریزی مسیر را به دست می‌گیرند از طریق قابلیت‌های سنجش و هوش مصنوعی ارائه‌شده توسط 6G و همچنین تأخیر بسیار کم، قابلیت اطمینان بالا و مکان‌یابی دقیق میسر خواهد شد. فناوری ارتباطی نسل ششم با توانایی خود در پشتیبانی از ارتباطات عظیم ماشینی، به سیستم‌های ترافیک اجازه می‌دهد تا از تعداد زیادی اتصال همزمان دستگاه پشتیبانی کنند و جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل جامع‌تر داده‌ها را از طریق حسگرهای به‌هم‌پیوسته و زیرساخت‌های هوشمند تسهیل می‌کنند. این سطح از یکپارچگی برای توسعه سیستم‌های مدیریت ترافیک تطبیقی که می‌توانند به‌طور پویا به شرایط در حال تغییر در محیط‌های شهری شلوغ پاسخ دهند، ضروری است. فناوری ارتباطی نسل ششم با امکان ایجاد تنوع در روش‌های حمل‌ونقل کارآمد به طرق مختلف مانند استفاده از ربات‌ها و پهپادها، مسیریابی هوشمند وسایل نقلیه و ... راه‌حل‌های حمل‌ونقل سبز و پایدار را ارائه می‌کند. ضمن اینکه با استفاده از فناوری‌ها و پروتکل‌های پیشرفته رمزنگاری و امنیتی، قادر خواهد بود اطلاعات حساس مربوط به ترافیک شهری، مانند داده‌های رانندگان و وضعیت جاده‌ها را به‌طور امن انتقال داده و می‌تواند دسترسی‌های غیرمجاز به سیستم‌های شهری و حمل‌ونقل جلوگیری کند.

بااین‌حال پیاده‌سازی ارتباطات نسل ششم در مدیریت ترافیک شهری با چالش‌ها و موانع متعددی روبه‌رو است. اولین چالش نیاز به ایجاد و توسعه زیرساخت‌های فنی، ادغام سخت‌افزار ارتباطی جدید و حفظ سازگاری با سیستم‌های قدیمی‌تر است که سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی را می‌طلبد و این مسئله به‌ویژه برای شهرهایی با منابع مالی محدود برجسته‌تر است. چالش‌های دیگری مانند نگرانی‌های امنیتی و حریم خصوصی، خطر حملات سایبری و نقض داده‌ها ناشی از افزایش ارتباطات و تبادل داده، نگرانی‌های مربوط به قابلیت همکاری و همزمان حفظ حریم خصوصی داده‌ها در چارچوب‌های شهر هوشمند، پیچیدگی تخصیص طیف و هماهنگی دقیق بین چندین نهاد نظارتی برای اطمینان از تخصیص بهینه طیف الکترومغناطیسی و رقابت برای این باندها در میان فن‌آوری‌های ارتباطی مختلف و تأمین و آموزش نیروی انسانی متخصص برای استفاده از این فناوری وجود دارند که لازم است تا برای به حداکثر رساندن مزایای پیاده‌سازی ارتباطات نسل ششم در مدیریت ترافیک شهری موردبررسی و توجه قرار گیرند.

۴. نتیجه‌گیری

با ادامه گسترش محیط‌های شهری، پیچیدگی مدیریت و کنترل ترافیک به چالشی فزاینده برای برنامه ریزان شهری و مقامات حمل‌ونقل تبدیل شده است. در سال‌های اخیر مفهوم شهرهای هوشمند مطرح‌شده که حمل‌ونقل هوشمند نیز یکی از ارکان آن است. ظهور فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیاء و ارتباطات نسل ششم در سال‌های اخیر پذیرش حمل‌ونقل هوشمند را تسریع

کرده است. چراغ‌های راهنمایی هوشمند، چراغ‌های راهنمایی مجازی، شبکه‌های ویژه وسایل نقلیه و پیش‌بینی تحرک از برنامه‌های برجسته حمل‌ونقل هوشمند هستند که برای بهبود جریان ترافیک و کاهش ازدحام در نظر گرفته شده‌اند. همان‌طور که اشاره شد ارتباطات نسل ششم از طریق پهنای باند موبایل پیشرفته و فراتر از آن، ارتباطات با تأخیر کم فوق‌العاده قابل‌اعتماد، ارتباطات نوع ماشین عظیم و در کنار قابلیت‌هایی چون سنجش و به‌کارگیری هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، قابلیت‌های خوبی را در کمک به بهبود مدیریت و کنترل ترافیک شهری از خود نشان داده است. هرچند که پیاده‌سازی ارتباطات نسل ششم در مدیریت ترافیک شهری موانع و چالش‌های را از خود نشان داده است ولی استقبال از به‌کارگیری آن با بهبود قابل‌توجه سیستم‌های نظارتی و فرآیندهای تصمیم‌گیری، نوید تحولات جدی در مدیریت ترافیک شهری را می‌دهد که درنهایت منجر به شبکه‌های حمل‌ونقل ایمن‌تر و کارآمدتر می‌شود.

۵. پی‌نوشت‌ها

1. Machine learning (ML)
2. International Telecommunication Union Radio(ITU-R)
3. Enhanced Mobile Broadband and Beyond (eMBB+)
4. Ultra-Reliable and Low Latency Communications (URLLC+)
5. Massive Machine-Type Communications (mMTC)
6. Augmented Reality(AR)
7. Virtual reality (VR)
8. Mixed Reality(MR)
9. AiaaS
10. Big Data
11. Deep Reinforcement Learning(DRL)
12. Convolutional Neural Network (CNN)
13. Intelligent Transportation Systems(ITS)
14. Internet of Things(IoT)
15. Random Forest (RF) algorithm
16. Virginia Tech Transportation Institute (VTTI)
17. Cellular Vehicle-To-Everything(C-V2X)
18. Multi-access Edge Computing / Mobile Edge Computing
19. Vehicle-to-Everything (V2X)
20. Random Forest Based on Machine Learning(RFC)
21. Vehicular Ad hoc Networks(VANET)
22. Visible light communications(VLC)

۶. مراجع

– Qadri, S. S. S. M., Gökçe, M. A., & Öner, E. (2020). State-of-art review of traffic signal control methods: challenges and opportunities. European Transport Research Review, 12, 1-23. – https://link.springer.com/article /10.1186/s12544-020-00439-1

– Banafaa, M., Shayea, I., Din, J., Azmi, M. H., Alashbi, A., Daradkeh, Y. I., & Alhammadi, A. (2023). 6G mobile communication technology: Requirements, targets, applications, challenges, advantages, and opportunities. Alexandria Engineering Journal, 64, 245-274. https://www.sciencedirect.com/science/article/ pii/S111001682200549X

– Murroni , M., Anedda, M., Fadda, M., Ruiu, P., Popescu, V., Zaharia, C., & Giusto, D. (2023). 6G-Enabling the new smart city: A survey Sensors, 23(17), 7528. http://www.mdpi.com/1424-8220/23/17/7528

– Jornet, Josep, Melodia, Tommaso, Polese, Michele, Zorzi, et al. (2020), Toward End-to-End, Full-Stack 6G Terahertz Networks. http://arxiv.org/abs/2005.07989

– Abbas, Robert, Ahmad, Ijaz, Ali, Samad, Amuru, et al. (2020). 6G White Paper on Machine Learning in Wireless Communication Networks. http://arxiv.org/abs/2004.13875

– Aghaei Anvigh, Amir, Khavan, Yashar, Pourghebleh, Behrouz (2024). Transforming Vehicular Networks: How 6G can Revolutionize Intelligent Transportation?. https://core.ac.uk/download/618362041.pdf

management/urban-traffic-management/ urban-traffic-management-challenges#fold

– Imoize, A. L., Adedeji, O., Tandiya, N., & Shetty, S. (2021). 6G enabled smart infrastructure for sustainable society: Opportunities, challenges, and research roadmap. Sensors, 21(5), 1709. https://www.mdpi.com /1424-8220/21/5/1709

– Islam, S., Atallah, Z. A., Budati, A. K., Hasan, M. K., Kolandaisamy, R., & Nurhizam, S. (2024). Mobile Networks Toward 5G/6G: Network Architecture, Opportunities and Challenges in Smart City. IEEE Open Journal of the Communications Society. https://ieeexplore.ieee.org /abstract/document/10574348/

– Roopa Ravish, Shanta Ranga Swamy,2021, INTELLIGENT TRAFFIC MANAGEMENT: A REVIEW OF CHALLENGES, SOLUTIONS, AND FUTURE PERSPECTIVES, Transport and Telecommunication, 2021, volume 22, no. 2, 163–182,Transport and Telecommunication Institute, Lomonosova 1, Riga, LV-1019, Latvia,DOI 10.2478/ttj-2021-0013

– Sharma, S., Popli, R., Singh, S., Chhabra, G., Saini, G. S., Singh, M., Sandhu, A., Sharma, A., & Kumar, R. (2024). The role of 6G technologies in advancing smart city applications: Opportunities and challenges. Sustainability, 16(16), 7039. https://www.mdpi.com/2071-1050 /16/16/7039

– Musa, A.A, Malami, S.I,Alanazi, F, Ounaies, W,Alshammari, M,Haruna, S.I,2023, Sustainable Traffic Management for Smart Cities Using Internet-of-Things-Oriented Intelligent Transportation Systems (ITS): Challenges and Recommendations,Sustainability, 2023, 15, 9859. https://doi.org/ 10.3390/su15139859

– Ferrag, M., Debbah, M., & Al-Hawawreh, M. (2023). Generative AI for Cyber Threat-Hunting in 6G-enabled IoT Networks. In 2023 IEEE/ACM 23rd International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing Workshops (CCGridW) (pp. 16-25). 2023 IEEE/ACM 23rd International Symposium on Cluster, Cloud and Internet Computing Workshops (CCGridW). https://doi.org/10.1109/CCGridW59191.2023.00018

– Nokia,2023,6G explained, retrived from https://www.nokia.com/about-us/newsroom/ articles /6g-explained/

– Jason.johnston,2023,IMT-2030– Understanding The ITU's Vision For A Global G6 Standard, retrived from https://www.G6world.com/exclusives/imt-2030-understanding-the-itus-vision-for-a-global-G6-standard/

– Huawei,2022,"G6: The Next Horizon,From Connected People and Things to Connected Intelligence", Huawei Technologies Co., Ltd.

– Y. Chen, W. Liu, Z. Niu, Z. Feng, Q. Hu, T. Jiang,2020, Pervasive Intelligent Endogenous 6G Wireless Systems: Prospects, Theories and Key Technologies, Digital Communications and Networks, https: //doi.org/ 10.1016/ j.dcan.2020.07.002.

– Sudhir K. Routray,Sasmita Mohanty,2021,Why Do We Need G6?: Main Motivation and Driving Forces of Sixth Generation Mobile Communication Networks,retrived from https://www.researchgate.net/ publication/352944684

– SWARCO,2023,10 Challenges and Solutions for the Future of Mobility Management,retrived from https://www.swarco.com/solutions/traffic-

https://ieeexplore.ieee.org/
abstract/document/9464266/

– Adegede, Job, Agboola, Taofeek Olayinka, Aina, Lemuel Omotayo, Omomule, et al. (2024). A REVIEW OF MOBILE NETWORKS: EVOLUTION FROM 5G TO 6G.
https://core.ac.uk/download/611437795.pdf

– Hattar,Marie,2024,How 6G Is Ushering In a More Sustainable Future, retrived from,https://www.csrwire.com/press_releases/ 809151-how-6g-ushering-more-sustainable – future

– Pawani Porambage,2021, 6G Security Challenges and Potential Solutions,Joint European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit), DOI: 10.1109/EuCNC/6GSummit 51104.2021.9482609

– Lu, Y., & Zheng, X. (2020). 6G: A survey on technologies, scenarios, challenges, and the related issues. Journal of Industrial Information Integration, 19, 100158. https://www.sciencedirect.com/science/article /pii/S2452414X20300339

– Anedda, Matteo, Fadda, Mauro, Giusto, Daniele, Murroni, et al. (2023). 6G—Enabling the New Smart City: A Survey. https://core.ac.uk/download/614061107.pdf
– M. E. Leinonen, M. Jokinen,2020, Radio Interoperability in 5G and 6G Multiradio Base Station, 2020 IEEE 92nd Vehicular Technology Conference (VTC2020-Fall), DOI**:** 10.1109/VTC2020

– Wong Jolly,2022,6G to help shape green, sustainable future, retrived from https://www.thestandard.com.hk/section-news/section/5/246202/6G-to-help-shape-green,-sustainable-future

– Shenghan Zhou, Xu Chen,2024, Intelligent Road Network Management Supported by 6G and Deep Reinforcement Learning, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, DOI: 10.1109/TITS.2024.3451193

– Logeshwaran, J., Patel, S.K., Kumar, O.P. et al.,2024, Hybrid optimization for efficient 6G IoT traffic management and multi-routing strategy. Sci Rep 14, 30915 (2024). https://doi.org/10.1038/s41598-024-81709-z

– Caichang Ding, Lei Zhu,2024,The Intelligent Traffic Flow Control System Based on 6G and Optimized Genetic Algorithm,IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems PP(99):1-14, DOI:10.1109/TITS.2024.3467269

– Jianhua Dai, Xiaofan Tian,2025, The Intelligent Traffic Safety System Based on 6G Technology and Random Forest Algorithm,IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,PP(99):1-11,DOI:10.1109/TITS.2024.3451184

– Talledo Vilela, J.P., and Miller, M., (2023, February 16). Private 5G Technology and Implementation Testing. Webinar SafeD FROM https://www.youtube.com/ watch? v= 1ej _ tFFEVXw

– Nair and S. Tanwar,2023, "AI-Based Accident Severity Detection Scheme for V2X Communication Beyond 5G Networks," 2023 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops), Rome, Italy, 2023, pp. 1002-1007, doi: 10.1109/ICCWorkshops57953.2023.10283553

– Shrestha, R., Bajracharya, R., & Kim, S. (2021). 6G enabled unmanned aerial vehicle traffic management: A perspective. IEEe Access, 9, 91119-91136 .