



فناوری‌ها و رویه‌های کلیدی در توسعه کاربردهای نوین



بهزاد مؤیدی

کارشناسی ارشد
مهندسی کامپیوتر
نرم افزار از دانشگاه
علم و صنعت ایران

توسعه کاربردهای نوین حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند متاورس نیازمند توسعه فناوری‌هایی همچون هوش مصنوعی است. در عین حال موتور محرک توسعه هوش مصنوعی، زیرساخت‌های شبکه‌های جدید مخابراتی 6G است. متاورس از یک منظر اساساً فرآیند مجازی‌سازی و دیجیتال‌سازی دنیای واقعی است که ۲ بخش متا (به معنی ماورا) و ورس (یا همان Universe به معنای جهان) را شامل می‌شود. این مفهوم برای اولین بار در سال ۱۹۹۰ وارد ادبیات جهانی شد. در آینده نزدیک انسان‌ها قادر خواهند بود با پوشیدن لباس‌های مخصوص (دستکش، عینک و ...) وارد متاورس شده و قدم زده و با دیگران تعامل کنند درست همان‌طور که در دنیای واقعی تعامل دارند. متاورس فناوری است که دنیای مجازی و حقیقی را یکپارچه می‌کند و برای این منظور از فناوری‌های زیادی از جمله تحلیل داده‌های بزرگ، فناوری‌های تعاملی، پردازش ابری، هوش مصنوعی، زنجیره بلوکی، 5G/6G، دولوهای دیجیتال و ... استفاده می‌کند. با حضور و فراگیری آن تغییرات بسیاری در اقتصاد، نوآوری‌های بشری، فرهنگ عمومی مردم، سبک زندگی و ساختار شهرها ایجاد خواهد شد. با توجه به فراگیری هرروزه این فناوری و در نتیجه اهمیت درک این موضوع، در این گزارش ابتدا حوزه‌های مرتبط با متاورس و اپراتورهای مخابراتی، سپس آخرین پیشرفت‌های حوزه AR/VR/MR¹ و محاسبات فضایی و پس از آن به بررسی ابعاد فنی 6G و هوش مصنوعی و نقش آن‌ها در توسعه کاربردهای نوین پرداخته خواهد شد. در ادامه متقابلاً نقش هوش مصنوعی در شبکه‌های 6G نیز بررسی خواهد شد. در نهایت برخی کاربردهای احتمالی و کاربردهای کنونی متاورس که با کمک شبکه‌های 5G/6G میسر شده‌اند نیز معرفی می‌شوند.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، 6G، متاورس، AR/VR/MR، پردازش لبه‌ای

1- Augmented Reality, Virtual Reality, Mixed Reality

می‌تواند به تحقق انقلاب صنعتی پنجم کمک شایانی نماید، اگرچه این مسیر با چالش‌ها و فرصت‌های زیادی مواجه خواهد شد. در مرجع [۱] با عنوان متاورس در انقلاب صنعتی پنجم، چالش‌ها، منافع و رویه‌های پیش‌روی

مقدمه

متاورس یکی از عوامل کلیدی در انقلاب صنعتی پنجم به‌شمار می‌آید. تحقق صنعتی این فناوری

1- Industry 5.0



شکل ۱- چالش‌ها، منافع و رویه‌های پیش‌روی متاورس صنعتی در انقلاب صنعتی پنجم [۱]

متاورس صنعتی در انقلاب صنعتی پنجم مطرح شده است که به صورت خلاصه در شکل ۱ نشان داده شده است.

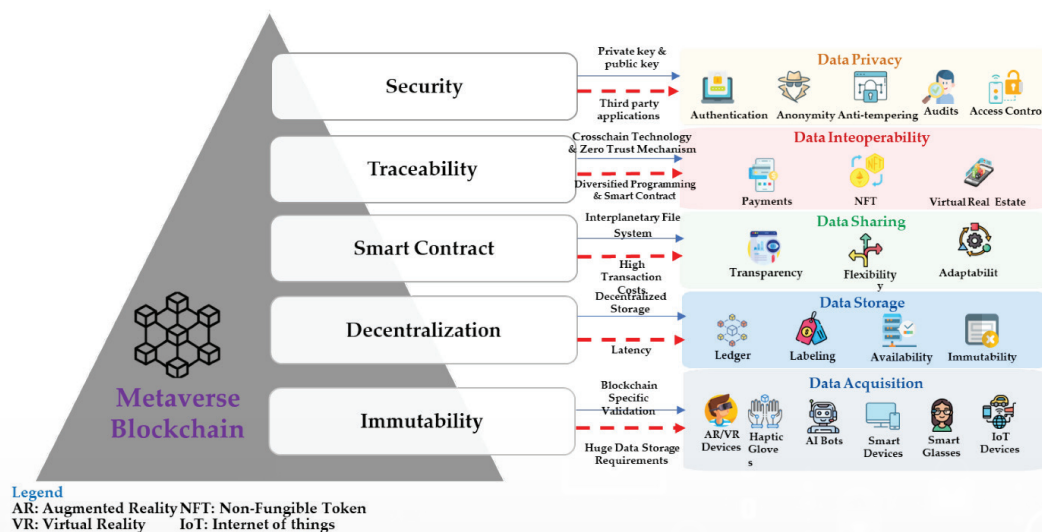
با توجه به شکل ۱، یکی از رویه‌های اصلی در توسعه متاورس صنعتی در انقلاب صنعتی پنجم، زنجیره بلوکی است. دنیای متاورس دنیای بدون کنترل مرکزی خواهد بود. تحقق چنین دنیایی نیازمند تحقق تبادلات مالی توزیع شده بدون کنترل مرکزی مبتنی بر ارزهای دیجیتال است. در این ساختار رمز ارزهای مبتنی بر زنجیره بلوکی بایستی قابل تبدیل به ارزهای جهانی مختلف و قابل معامله در فضای متاورس باشند. یک چارچوب مفهومی برای یکپارچه سازی زنجیره بلوکی در متاورس صنعتی در شکل ۲ نشان داده شده است.

دیگر رویه پر اهمیت توسعه متاورس صنعتی، نیاز به توان پردازشی بالا است. این امر منجر به پررنگ شدن اهمیت موضوعاتی نظیر توسعه شبکه‌های مخابراتی 6G با تاخیر بسیار پایین، پردازش کوانتومی، هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌شود. تجربه متاورس به معنای واقعی نیازمند دست‌یابی به

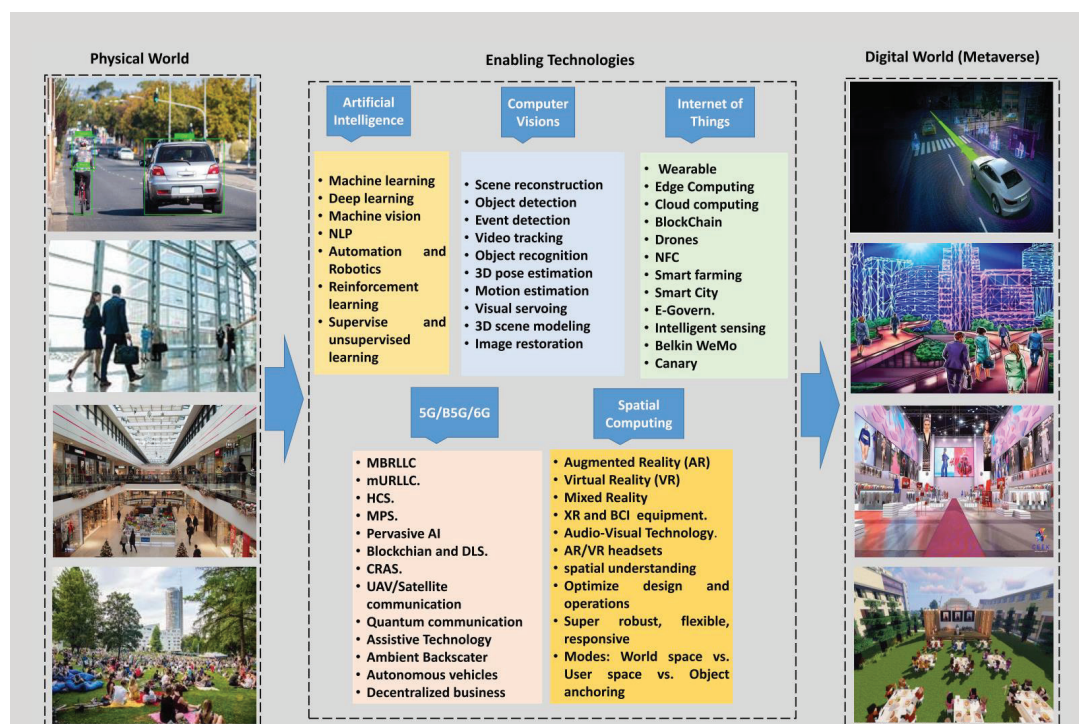
توان پردازشی بسیار بالاتر، پهنای باند بالا (Tbps) و تاخیر تبادل داده بسیار کم (کمتر از 0/1 میلی ثانیه) خواهد بود. این موارد حتی با وجود 5G نیز قابل تضمین نیستند و بسیاری کاربردهای پیشرفته در متاورس نیازمند استقرار 6G و استفاده از هوش مصنوعی خواهد بود.

از طرف دیگر 6G قابلیت‌های جدیدی خواهد داشت که به تناسب مشخصات کاری آن مورد نیاز هستند. برای نمونه به جهت پیچیدگی بالای شبکه 6G، تنظیم، پیکربندی و انطباق آن با شرایط به صورت دستی عملاً غیر ممکن خواهد بود. به همین جهت ETSI^۲ اخیراً دو زیرگروه ZSM^۳ و ENI^۴ را به منظور تمرکز بر استفاده از ML^۵ و DL^۶ در مدیریت و ساماندهی منابع شبکه به صورت خودکار با هوش مصنوعی، ایجاد کرده است.

- 2- European Telecommunications Standards Institute
- 3- Zero-Touch Service Management
- 4- Experiential Networked Intelligence
- 5- Machine Learning
- 6- Deep Learning



شکل ۲- ساختار لایه‌ای زنجیره بلوکی در متاورس و ذینفعان هر لایه [۱]



شکل ۳- فناوری‌های اصلی توانمندساز در متاورس [۲]

عینک‌های واقعیت مجازی، تجهیزات سرپوش، هدست‌های واقعیت مجازی چشمی است. کاربران می‌توانند در بستر اینترنت از طریق تلفن همراه یا مچ‌بند هوشمند به آن دسترسی پیدا کنند. محاسبات فضایی، دیجیتال سازی فعالیت‌های اشیاء، انسان‌ها، ماشین‌ها و موقعیت‌ها به منظور تسهیل و بهبود فعالیت‌ها و تعاملات است که از ترکیب سه فناوری AR/VR/MR^۹ در دنیای سه بعدی به دست می‌آید. در شکل ۳ فناوری‌های اصلی توانمندساز متاورس به صورت خلاصه به نمایش درآمده‌اند که عبارت هستند از هوش مصنوعی، بینش کامپیوتری، اینترنت اشیا، محاسبات فضایی و شبکه‌های 5G/B5G/6G. هوش مصنوعی مهم‌ترین موتور محرک متاورس محسوب می‌شود که انواع مختلفی از روش‌های یادگیری را مانند یادگیری عمیق، تقویت شده، یادگیری تحت نظارت و فاقد نظارت استفاده خواهد کرد. بینش کامپیوتری برای کاربردهای مختلفی مانند بازسازی صحنه‌ها، شناسایی اشیاء، شناسایی رخدادهای تخمین حرکت‌ها می‌تواند استفاده شود. اینترنت اشیا زنجیره گسترده‌ای از کاربردها و تجهیزات را شامل می‌شود که می‌توانند به توسعه متاورس کمک شایانی نمایند. محاسبات فضایی دایره گسترده‌ای از کاربردها را میسر می‌سازد و شبکه‌های 5G و 6G بستر مخابرات امن، سریع و قابل اطمینان را برای تبادل داده‌ها ارائه خواهند کرد.

بر اساس تعریف ارائه شده توسط جوامع علمی، MR به نوعی ترکیبی از AR و VR است که به کاربران اجازه می‌دهد با المان‌های مجازی در محیط‌های فیزیکی تعامل داشته باشند. در شکل ۴

هدف اصلی این دو کارگروه افزودن المان هوش مصنوعی به تک‌تک اجزای شبکه 6G به منظور ایجاد قابلیت سازماندهی خودکار و ارتقا، به‌روزرسانی و بهینه‌سازی خودکار در آن است. پردازش کوانتومی از دیگر ابزارهایی است که می‌تواند به توسعه 6G کمک چشم‌گیری نماید. حل بی‌درنگ^۷ بسیاری از مسائل بهینه‌سازی در 6G به کمک سیستم‌های پردازشی موجود دشوار بوده و پردازش کوانتومی می‌تواند راه‌گشای این موضوع باشد. بنابراین توسعه شبکه‌های 6G در کنار چالش‌هایی که دارد، برای تامین نیازهایی از قبیل تاخیر بسیار بسیار کم (برای کاربردهای حیاتی)، پهنای باند بسیار زیاد (برای کاربردهایی مانند حضور از راه دور هولوگرافیک) و توان پردازشی بالا (برای پاسخ به نیازهای پردازشی در لبه) امری حیاتی خواهد بود.

در این مقاله به صورت خلاصه رویه‌ها و فناوری‌های کلیدی تاثیرگذار در تحقق کاربردهای نوین، بررسی خواهد شد. سپس به طور ویژه نقش 5G/6G در تحقق یک تجربه همه‌جانبه و توسعه خدمات نوین مانند حضور از راه دور هولوگرافیک (HT^۸)، متاورس و اینترنت اشیا لمسی بررسی خواهد شد.

فناوری‌ها و رویه‌های کلیدی در توسعه کاربردهای نوین

متاورس یکی از کاربردهای نوینی است که امروزه اپراتورهای مخابراتی می‌توانند ارائه دهند. متاورس نقطه تقاطع دنیای دیجیتال و فیزیکی است که شامل یک فضای مجازی اشتراکی،

7- Real-Time

8- Holographic telepresence

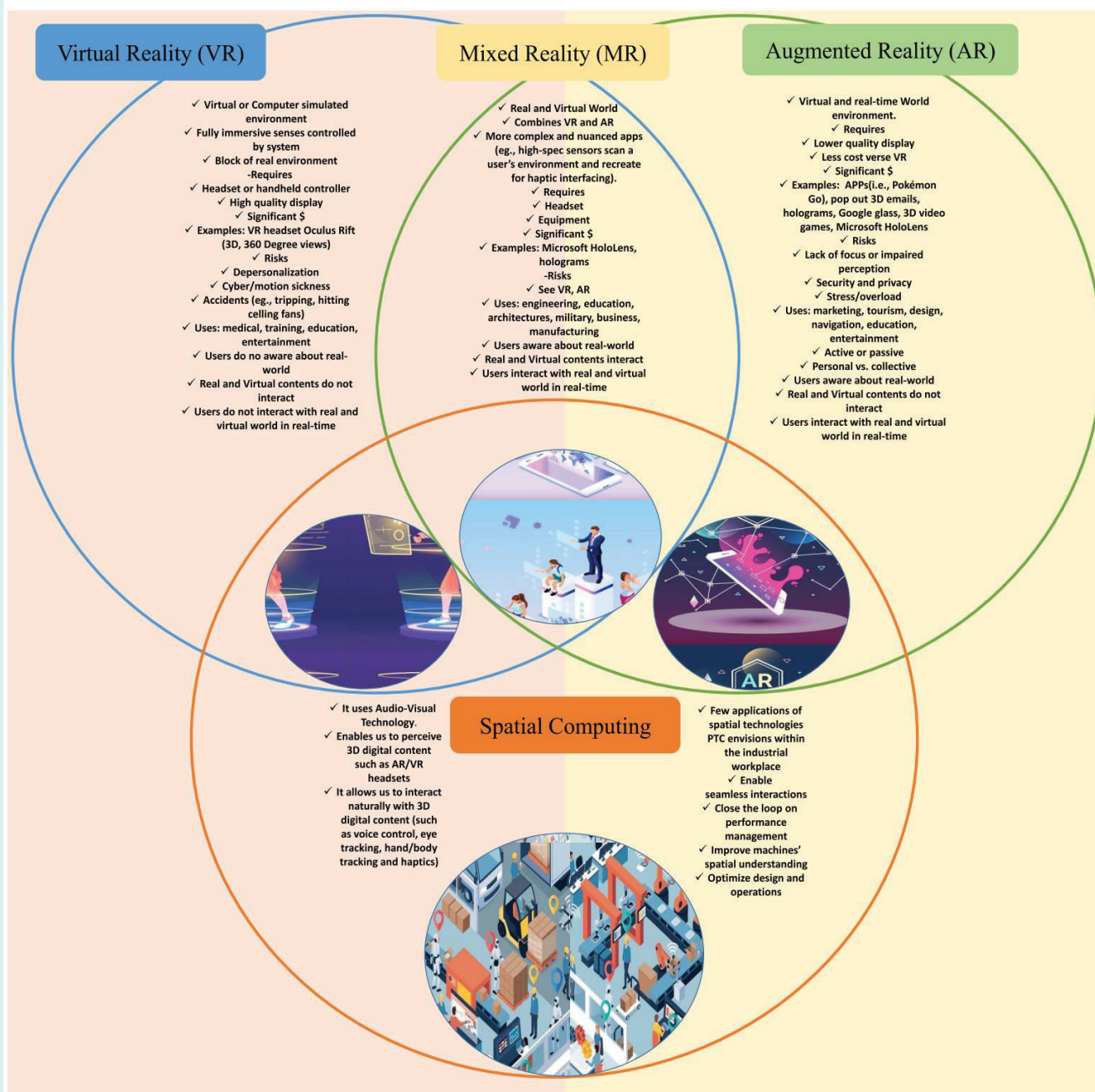
9- Augmented Reality, Virtual Reality, Mixed Reality

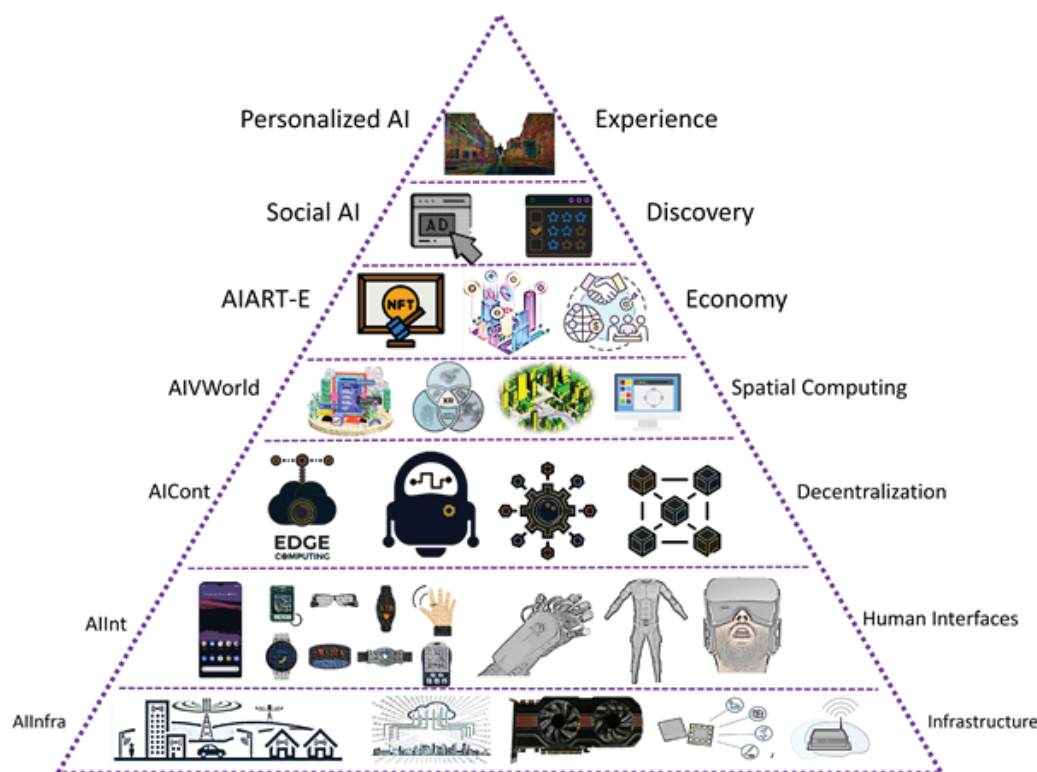
کیفیت سرویس مورد انتظار از سیستم مخابرات باند تراهتر، این سیستم همچنان با مشکل تضعیف شدید انتشار و جذب توسط مولکول های آب به جهت فرکانس بسیار بالای کاری روبرو است. به همین جهت این سرویس تاکنون صرفاً برای مخابرات داخل ساختمان ها موثر بوده است.

حضور از راه دور هولوگرافیک نیازمند جابجایی حجم عظیمی از داده های تصاویر دو و سه بعدی خواهد بود که بسته به روش به کار رفته برای عکس برداری و انتقال داده، حجم داده انتقالی می تواند متفاوت باشد. برای نمونه یک هولوگرام در صورت

ارتباط بین محاسبات فضایی و AR/VR/MR نشان داده شده است.

متاورس این امکان را می دهد که بتوان از مزایای زنجیره بلوکی برای حفاظت از قانون کپی رایت محتوای تولید شده توسط کاربران استفاده نمود. هم چنین زنجیره بلوکی می تواند عمومیت VR را، به وسیله ترکیب آن با رمزارزها و به دنبال آن افزایش سودآوری برای کاربران، افزایش دهد. توسعه 6G سبب می شود که برقراری تماس های باکیفیت هولوگرافیک در مرزهای فیزیکی بر روی امواج زیرمیلیمتری در باند تراهتر تا تاخیر بسیار کم میسر گردد. باوجود





شکل ۵- معماری ۷ لایه‌ای متاورس برای توصیف نقش هوش مصنوعی در آن [۲]

برای مشتری کمک شایانی نماید. لایه بعدی لایه ساختار توزیع شده است که در آن به کمک هوش مصنوعی می‌توان قراردادهای هوشمند توسعه داده و درآمد حاصل را منصفانه توزیع کرد. همچنین این امر موجب ارتقای تجربه کاربری مشتریان می‌شود. لایه بعدی محاسبات فضایی است که تحقق دنیای مجازی و تبدیل آن به ساختاری تاحد امکان واقعی را رقم می‌زند. NVIDIA's Omniverse و Spatial IO دو نمونه از جهان‌های دیجیتال هستند که در آن‌ها کوشیده‌اند با استفاده از هوش مصنوعی، دنیای دیجیتال با اشیایی تاحد امکان واقعی خلق نمایند. سه لایه پایانی به کاربردهای هوش مصنوعی در ارتقای اقتصاد دیجیتال، شبکه‌های اجتماعی و مدیریت تعاملات افراد با سایر افراد با مدل فکری و رفتاری مشابه و نیز ارائه پیشنهادهای هوشمندانه برای جلب رضایت اختصاصی کاربران اشاره دارند.

بنابر آن چه گفته شد، هوش مصنوعی در لبه یکی از مهم‌ترین نیازهای تحقق متاورس خواهد بود. که توسعه آن نیازمند قابلیت‌های گسترده شبکه‌های مخابراتی پیشرفته خواهد بود. گرچه کاربردهای متاورس کنونی نیاز به پهنای باند زیادی ندارند و تاخیر و پهنای باند قابل ارائه توسط 5G کفایت می‌کند، لیکن برای تحقق برخی کاربردهای ماموریت محور^{۱۲} و کاربردهایی مانند تصاویر واقعی هولوگرافیک^{۱۳} بعدی، پهنای باند بسیار بیشتر و تاخیر بسیار کمتر نیاز خواهد بود که 6G قادر به تامین آن است. از طرفی هوش مصنوعی نیز نقش شایانی در توسعه حداکثری

استفاده از روش‌های ابر نقطه‌ای^{۱۰} حدود ۰/۵ تا ۲ گیگابایت بر ثانیه ترافیک داده تولید خواهد کرد، در حالی که یک هولوگرام با سائز بزرگ ممکن است چند ترابایت در ثانیه ترافیک ایجاد نماید.

برای امنیت داده در کاربردهای AR/VR ضروری است که بتوان یک ساختار توزیع شده قابل اعتماد در بین چند نود ایجاد نمود تا اشتراک داده در حجم عظیم تضمین گردد. پردازش تصاویر و ویدئوها در AR/VR نیازمند ذخیره‌سازی و پردازش محلی حجم عظیمی از داده‌ها در سرورهای نزدیک به محل حضور کاربران می‌باشد، که این توان پردازشی با استقرار پردازش لبه‌ای در 5G/6G میسر خواهد شد.

در شکل ۵ ساختاری ۷ لایه برای توصیف نقش هوش مصنوعی در معماری متاورس نشان داده شده است. در پایین‌ترین سطح لایه زیرساخت را داریم که شامل زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مورد نیاز جهت پردازش و ارتباطات هوش مصنوعی است. لایه بعد، لایه ارتباطی متاورس با کاربر است. در این لایه استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی برای ارتقای حس و تجربه ارتباطی مشتری صورت می‌پذیرد. به عنوان مثال، استفاده از NLP^{۱۱} برای ترجمه دستورات به عملکردهای اجرایی، ترجمه زبان‌های مختلف به همدیگر یا حتی استفاده از واسطه ارتباطی مغز با کامپیوتر برای افراد ناتوان و ... می‌تواند به کسب تجربه ارزشمند

10- Point cloud techniques

11- Natural Language Processing

12- Mission Critical

تقویتی عمیق توزیع شده قادر به مدیریت از دحام شبکه و بهبود تجربه مشتری خواهد بود.

خدمات جدیدی که در 6G ارائه خواهند شد همگی موتور محرکی برای توسعه متاورس خواهند بود. مخابرات باند وسیع ارتقا یافته (uMBB^{۱۵}) پهنای باندی بسیار وسیع تر در اختیار کاربران قرار می دهد. مخابرات نوع ماشین بسیار فشرده (uMTC^{۱۶}) امکان ارائه خدمت همزمان به تعداد بسیار بیشتری از کاربران در یک نقطه را فراهم خواهد کرد. مخابرات بسیار دقیق (uHPC^{۱۷}) با قابلیت مکان یابی دقیق کاربران ارتباطی با قابلیت اطمینان بسیار بالاتر را فراهم خواهد کرد. در 6G با ایجاد قابلیت مخابرات ماهواره ای پوشش ۳ بعدی توسعه یافته (e3DC^{۱۸}) ایجاد خواهد شد که به کاربران اجازه اتصال به شبکه در هر نقطه از کره زمین را خواهد داد.

استقرار خدمات جدید مانند متاورس نیازمند دسترسی تجهیزات هوشمند به یک چارچوب پردازشی توزیع شده است تا بتوان فناوری هایی از قبیل پردازش توزیع شده و یادگیری فدرال را تسهیل نمود. 6G، مخابرات پردازش محور^{۱۹} را با توزیع منابع پردازشی در نزدیکی کاربران در دستور کار خود قرار خواهد داد تا کاربران به منابع پردازشی کافی در نزدیک خود دسترسی داشته باشند. مخابرات محتوا محور^{۲۰} از دیگر قابلیت های شبکه 6G است که برای ارائه خدمات uMBB در تبادل داده هایی مانند معماری شبکه و پهنای باند کمک ویژه ای خواهد کرد و کاربردهای متاورسی که نیاز به تبادل محتوایی مانند محتوای فیزیکی (موقعیت کاربر، ارتباطات اجتماعی و تحرک پذیری) از این موضوع بهره مند خواهند شد. 6G ارائه منظم و به ترتیب خدمات uHPC براساس مشخصات و اولویت رخدادهای عادی، اضطراری و یا فاجعه بار را تضمین خواهد کرد و این امر به تضمین کیفیت خدمات مشتریان منجر خواهد شد.

علاوه بر خدماتی که به صورت مشخص در بالا بدان ها اشاره شد 6G قادر است ترکیبی از این سرویس ها برای تضمین کیفیت محصولاتی که نیازمندی های مشخص کیفیت سرویس دارند که با شبکه 5G قابل تامین نیست، ارائه نماید.

- 15- Ultra mobile broadband
- 16- Ultra-massive machine-type communication
- 17- Ultra-high precision communication
- 18- Extended 3-dimensional coverage
- 19- Computation-centric communication
- 20- Context-driven communications

قابلیت های شبکه 6G خواهد داشت. استفاده از هوش مصنوعی برای شناسایی کاربران فعال، تخصیص بهینه منابع رادیویی، زمان بندی تخصیص، مدیریت توان، پیش بینی تحرک احتمالی کاربران و مسیرهای حرکت ایشان، تخمین ترافیک مصرفی کاربران در نقاط مختلف و برنامه ریزی برای تضمین کیفیت سرویس به تناسب پیش بینی های انجام شده، پیش بینی کانال های مورد نیاز، مدیریت طیف فرکانسی و ... همگی نمونه هایی از این کاربردها هستند.

خدمات 6G در توسعه متاورس

شبکه 6G هوشمندی بی نظیر و توان محاسباتی بسیار بالا به همراه قابلیت تبادل داده بی سیم با سرعت بسیار بالا در هوا، فضا، دریا و خشکی فراهم خواهد کرد. خدمات 6G به صورت یک ساختار مش بی درنگ^{۱۳} از دنیای سایبری و فیزیکی تعریف می شوند که تمرکز خاصی بر تعامل بین دنیاهای فیزیکی، دیجیتال و بیولوژیک دارند و کاربردهای آن برخلاف گذشته که داده محور بودند، انسان محور خواهند بود. در ساختار 6G هوشمندی در لبه با تکیه بر یادگیری عمیق/ماشین بر روی تجهیزات کاربران به صورت توزیع شده و امکان استفاده از هوش مصنوعی در یک ساختار توزیع شده فراهم خواهد شد [۲].

در متاورس، ارتباطات حسی/المسی و عصبی با نمایش هولوگرافیک یکپارچه تقویت خواهد شد. در مقایسه با سیستم های 5G، 6G باند فرکانسی تراز تر را استفاده خواهد کرد که امکان تبادل داده با نرخ 1Tbps با تاخیر انتها به انتها کمتر از ۰/۱ میلی ثانیه را فراهم خواهد کرد. همچنین 6G مخابرات با تاخیر بسیار پایین و قابلیت اطمینان بسیار بالای ۹۹/۹۹۹۹۹۹% (eRLLC^{۱۴}) را فراهم خواهد کرد.

پشتیبانی از هولوگرام های چندبعدی، نرخ داده بسیار بالا که قادر به پشتیبانی از ارسال پیام های چندرسانه ای HDR 360° با کیفیت 4K/8K، تاخیر بسیار پایین با دقت بسیار بالای مورد نیاز در پرینت سه بعدی، حضور از راه دور و بازی های چند کاربره و پشتیبانی از دولگوی دیجیتال در انقلاب صنعتی پنجم برخی خدمات پیشنهادی 6G هستند که به ایجاد تجربه بالا برای مشتریان کمک خواهند کرد. علاوه بر این خدمات 6G با پشتیبانی هوش مصنوعی، یادگیری فدرال، شکست محاسبات و یادگیری

- 13- Real-Time
- 14- Extremely reliable low latency communications

Tactile Internet of Things و اهمیت شبکه‌های

مخابراتی پیشرفته

نسل بعدی و توسعه یافته اینترنت اشیا^{۲۱} TI خواهد بود، که شامل ارتباطات انسان به انسان (H2H^{۲۲}) و ماشین به ماشین (M2M^{۲۳}) می شود و به صورت کاملاً بلادرنگ ارتباط بین صنایع، جوامع، مشاغل و موارد مهم ارتباطی را برقرار خواهد کرد.

در این راستا، سازمان جهانی مخابرات (ITU^{۲۴}) یک شبکه اینترنتی را تعریف کرده است که در آن تاخیر به میزان کمتر از یک میلی ثانیه و دارای قابلیت اطمینانی ۹۹/۹۹۹۹۹ درصدی با امنیت بسیار بالا (ULLRC) خواهد بود. ایده سازمان جهانی مخابرات این است که TI یک "انقلاب شگرف در زمینه اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی" به ارمغان خواهد آورد [۳].

اینترنت همراه موبایل، این امکان را به کاربران می دهد که در حین حرکت، مبادله داده و فایل های چند رسانه داشته باشند. مرحله بعدی IoT، ارتباط تجهیزات هوشمند با یکدیگر خواهد بود. اما TI نسل انقلابی بعدی خواهد بود که بتوان تجهیزات IoT را در دنیای واقعی و به صورت بلادرنگ کنترل کرد.

TI قابلیت هایی را در ابعاد جدید به ارتباطات H2H خواهد داد تا با Haptic و Tactile که در ادامه تعریف می شوند، با انقلابی که در حوزه ارتباطات M2M به وجود می آید، به راحتی بتوان این تجهیزات را کنترل نمود.

در باره TI این استدلال مطرح می شود که با استقرار آن، انسان ها ضعیف و ماشین ها قوی خواهند شد، اما واقعیت این است که ماشین ها بجای اینکه جای انسان ها را بگیرند، برای آن ها مکملی قابل و توانمند خواهند شد. با افزایش قدرت ماشین ها، باید ورودی (آموزش و یادگیری) انسان ها نیز رشد موثر داشته باشد.

به طور مفهومی تمام احساسات انسان ها می توانند با ماشین ها ارتباط برقرار کنند، فناوری های جدید نیز قابلیت هایی ایجاد و پرورش خواهند داد تا این ارتباط به وسیله TI انجام گیرد. TI قابلیت تبادل Haptic Interaction را به همراه باز خورد بصری فراهم خواهد کرد. مفهوم Haptic ارتباط نزدیکی با حس لامسه دارد، بخصوص اینکه درک و بکارگیری آن اشیا با استفاده از لمس و تصورات خواهد بود. تصورات حسی^{۲۵} به معنای موقعیت نسبی اعضای بدن فرد، قدرت و میزان تلاش او در حرکت است. این باز خورد بصری^{۲۶} فقط شامل تعاملات سمعی و بصری نخواهد بود، بلکه، سیستم رباتیک قابل کنترل بلادرنگ و همچنین ربات های فعال کننده، یعنی ربات هایی که می توانند یک حرکتی را ممکن سازند، در بر خواهد گرفت.

برای نیل به سیستم های فنی که بتواند چنین محیطی را برای تعامل با انسان فراهم کند، این تجهیزات باید به سرعت زمان

- 21- Tactile Internet
- 22- Human to Human
- 23- Machine to Machine
- 24- International Telecommunication Union
- 25- Proprioception



واکنش های طبیعی انسان دست پیدا کنند. بنابراین، تاخیر انتها به انتهای یک میلی ثانیه برای کاربردهای TI ضروری به نظر می رسد. همچنین شبکه ای که این شرط را فراهم می کند، باید به اندازه بسیار زیادی قابلیت اطمینان داشته باشد تا بسیاری از این وظایف حساس را از راه دور انجام دهد و دارای زیرساختی ارزان قیمت جهت فعال سازی شرایط گفته شده باشد. در نتیجه نیاز به شبکه نسل پنجم به عنوان زیرساخت اصلی خواهد بود تا نیازمندی های گفته شده را فراهم کند [۴].

TI چندین فناوری را هم در حوزه شبکه و هم در سطح کاربرد با هم تلفیق خواهد کرد. در حاشیه، اینترنت اشیا و ربات ها قابلیت های جدید را فعال خواهد کرد، محتوا و داده ها از طریق یک شبکه نسل پنجم مبادله خواهد شد، در حالی که هوشمندی، در نزدیک ترین نقطه به کاربر انتهای برای بهبود تجربه کاربری و از طریق پردازش لبه ای انجام خواهد شد. در سطح کاربرد، اتوماسیون، رباتیک، حضور از راه دور^{۲۷}، AR، VR و هوش مصنوعی همگی نقش مهمی بازی خواهند کرد [۵]. تاخیر انتها به انتها و قابلیت اطمینان بالا دو الزام اساسی در تحقق TI هستند که نسل های قبل 5G تاخیر بیش از ۲۵ms و قابلیت اطمینان بسیار پایین ارائه می نمودند. در 5G تاخیر به کمتر از ۱۰ms رسید و قابلیت اطمینان افزایش یافت ولی هنوز تاخیر انتها به انتهای کمتر از ۱ms و اطمینان ۹۹/۹۹۹۹۹٪ قابل تحقق نبود

- 27- Telepresence



فناوری‌های دیگر خواهد کوشید که پارامترهای کیفی مورد نیاز جهت تحقق کامل این مفاهیم را در اختیار کاربران بگذارد.
منابع:

- [1] D. Mourtzis, "The Metaverse in Industry 5.0: A Human-Centric Approach towards Personalized Value Creation.," Encyclopedia, Vol. 3, p. 1105–1120, 2023.
- [2] W. G. J. W. H. L. C.-M. C. Zefeng Chen, "Metaverse for smart cities: A survey," Internet of Things and Cyber-Physical Systems, Vol. 4, p. 203–216, 2024.
- [3] R. A. Neeraj Kumar, "A smart contract-based robotic surgery authentication system for healthcare using 6G-Tactile Internet," Computer Networks, Vol. 238, <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2023.110133>, 2024.
- [4] F. A. D. ., S. A. K. ., S. R. ., S. D. K. D. ., P. B. MUHAMMAD ZAWISH, "AI and 6G Into the Metaverse: Fundamentals, Challenges and Future Research Trends," IEEE Open Journal Of the Communication Society, Vol. 5, pp. 730-780, 2024 .
- [5] H. Ning et al., "A survey on the metaverse: The state-of-the-art, technologies, applications, and challenges," IEEE Internet Things J., Vol. 10 No 16. pp. 14671–14688, 2023.
- [6] X. C. M. Z. a. N. K. F. Tang, "The roadmap of communication and networking in 6G for the metaverse," IEEE Wireless Commun, Vol. 30 No. 4, pp. 72-81, Aug. 2023.

و این امر خود نیاز به استقرار 6G را بیشتر نمایان ساخت. این امر با به کارگیری سه فناوری پردازش لبه، مجازی سازی توابع شبکه و شبکه سازی نرم افزاری محقق خواهد شد [۶].

نتیجه گیری

متاورس دنیای جدید برای ارتباط بین انسان و ماشین خواهد بود. فضایی که در آن تصاویر هولوگرافیک، حضور از راه دور و کنترل اشیاء از راه دور با قابلیت اطمینان بالا و تاخیر بسیار اندک قابل تحقق است. AR/VR به عنوان نسخه‌هایی اولیه از دنیای متاورس در حال حاضر در جهان رایج و مورد استفاده‌اند. نیازمندی‌های چنین خدماتی اغلب با قابلیت‌های ارائه شده توسط 5G پاسخ داده خواهد شد. لیکن تحقق کامل متاورس به مفهوم واقعی نیازمند استقرار شبکه‌ای با تاخیر انتهابه‌انتهای کمتر از ۱ms خواهد بود که قابلیت اطمینان از مرتبه ۹۹/۹۹۹۹۹٪ ارائه نماید و پهنای باند بسیار بالا برای پوشش تعداد بسیار زیادی کاربر در یک منطقه کوچک با تحرک بالای کاربران ارائه کند. چنین ساختاری ما را نیازمند توسعه 6G خواهد کرد و چنانکه اشاره شد TI به عنوان یک خدمت دیگر پیش‌رو در آینده برای تحقق کامل نیازمند 6G خواهد بود. 6G با استفاده از مخابرات باند تراهرتز، پردازش توزیع شده و هوش مصنوعی در نزدیکی لبه شبکه و بسیاری