فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم های صنعتی (مدیریت صنعتی سابق)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
سال نوزدهم/ شماره ۷۰ / زمستان ۱۴۰۳

تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های دورکاری در متاورس: رویکردهای سیستمی و تصمیم‌گیری چندمعیاره

مریم پرندوارفومنی
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
رضا رادفر (نویسنده مسؤل)
استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
Email: r.radfar@srbiau.ac.ir
دکتر عباس طلوعی اشلقی
استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۵ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۱۱/۱۴

چکیده

با گسترش فناوری‌ها و تحولات دیجیتال، متاورس به عنوان بستری نوین برای دورکاری مطرح شده است. با این حال، چالش‌هایی مانند عدم شمولیت، کنترل متمرکز منابع، نگرانی‌های محیطزیستی و عدم دسترسی به فناوری‌های پیشرفته، موانعی برای استفاده گسترده از این مدل کاری هستند. این پژوهش به بررسی مدل‌های دورکاری مبتنی بر پلتفرم متاورس پرداخته و چالش‌ها، فرصت‌ها و راهکارهای اجرایی در این حوزه را تحلیل می‌کند. در این تحقیق، از روش ادراک انتقادی سیستم (CSH) و تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP) برای تحلیل سیستماتیک مسائل مرتبط با توسعه و اجرای پلتفرم‌های کاری متاورسی استفاده شده است. روش ادراک انتقادی سیستم به شناسایی و ارزیابی فرضیات، ارزش‌ها و عدم توازن‌های قدرت در طراحی سیستم کمک می‌کند، در حالی که تحلیل سلسله مراتبی فازی امکان تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس دیدگاه‌های مختلف ذی‌نفعان را فراهم می‌سازد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با طراحی مدل‌های فراگیر، همکاری بین رشته‌ای و اتخاذ رویکردهای پایدار، می‌توان بسیاری از چالش‌های موجود را حل کرده و بستر متاورسی موفق و کارآمدی برای دورکاری ایجاد کرد. نوآوری اصلی این پژوهش شامل ارائه رویکردی یکپارچه برای تحلیل و مدیریت چالش‌های متاورس، ترکیب روش‌های روش ادراک انتقادی سیستم (CSH) و تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP) و ارائه راهکارهایی برای استفاده بهینه از این فناوری در حوزه دورکاری است. این تحقیق به درک بهتر از چگونگی مواجهه با موانع متاورس کمک کرده و مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های آتی در این حوزه فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: ادراک انتقادی سیستم، تحقیق در عملیات انتقادی، تصمیم گیری چندمعیاره، دورکاری، متاورس.

۱- مقدمه

مفهوم دورکاری در چند دهه گذشته تحولات چشمگیری را تجربه کرده است که عمدتاً ناشی از پیشرفت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات است (Foukolaei et al., 2024). در گذشته، کار عمدتاً محدود به فضاهای فیزیکی دفاتر بود و تعاملات چهره به چهره استاندارد بود (Carter, 2022). با این حال، با ظهور اینترنت و رایانش ابری، مدل‌های دورکاری به عنوان جایگزینی قابل قبول برای کار سنتی در دفتر ظاهر شده‌اند (Choi et al., 2022). این روند همچون بسیاری از روندهای دیگر با شیوع بیماری کووید-۱۹ به شدت تسریع شد و شرکت‌ها در سراسر جهان مجبور شدند برای ادامه کسب‌وکار و در عین حال رعایت دستورالعمل‌های فاصله‌گذاری اجتماعی (Taghipour et al., 2023)، به دورکاری روی آورند (Ball, 2022). همچنین بحران‌های اخیر انرژی که پس از جنگ اوکراین و روسیه در اروپا شروع شد (Ghaedi et al., 2024)، و پس از آن به دلیل معاهدات بین المللی کاهش گازهای گلخانه‌ای همچون معاهده پاریس (Ramezani et al., 2024)، در ایران و بسیاری از نقاط جهان تشدید شد (Joybari et al., 2024)اهمیت دورکاری را به شکل روزافزون بیشتر کرده است. در نتیجه، دورکاری به یکی از اجزای ضروری نیروی کار مدرن تبدیل شده است و بسیاری از سازمان‌ها اکنون پتانسیل آن را برای انعطاف‌پذیری، کاهش هزینه‌های سربار و بهبود تعادل کار و زندگی برای کارکنان به رسمیت می‌شناسند (Mystakidis, 2022).

با وجود پذیرش گسترده دورکاری، هنوز محدودیت‌های قابل توجهی در مدل‌های فعلی وجود دارد (Park et al., 2023). بیشتر سیستم‌های دورکاری به ابزارهای سنتی ارتباط مجازی مانند ایمیل، کنفرانس ویدئویی و پلتفرم‌های چت متکی هستند (Chen, 2024). در حالی که این ابزارها امکان همکاری تا حدی را فراهم می‌کنند، اغلب فاقد تجربه‌های فراگیر و تعاملی هستند که محیط‌های اداری فیزیکی ارائه می‌دهند (Mahindru et al., 2024). این امر می‌تواند منجر به احساس انزوا، کاهش کارایی همکاری و چالش در حفظ فرهنگ شرکت و تعامل کارکنان شود. این چالش‌ها باعث شده است که علاقه‌مندی به بررسی فناوری‌های پیشرفته و فراگیرتری که می‌توانند تجربه اداری فیزیکی را در محیط دورکاری بهتر بازسازی کنند، افزایش یابد (Hancock, 2022). یکی از راه‌حل‌های امیدوارکننده برای رفع این محدودیت‌ها، یکپارچه‌سازی دورکاری در یک پلتفرم متاورس است (Zhao et al., 2022). متاورس فضایی مجازی و مشترک است که از تلفیق واقعیت فیزیکی تقویت‌شده مجازی و فضاهای مجازی پایدار، شامل واقعیت افزوده(AR) ، واقعیت مجازی (VR) و واقعیت ترکیبی (MR) ایجاد شده است (Atak and Özkoç, 2023). در این محیط، کارکنان می‌توانند با استفاده از آواتارها در فضایی سه‌بعدی که شبیه به یک دفتر فیزیکی است، تعاملات فراگیرتری داشته باشند (Lee et al., 2021). این تغییر از ابزارهای مجازی سنتی به یک مدل کاری مبتنی بر متاورس می‌تواند به طور قابل توجهی دورکاری را با ارائه تجربه‌ای فراگیرتر و همکاری بیشتر بهبود بخشد (Papescu et al., 2022). با این حال، انتقال به یک بستر دورکاری مبتنی بر متاورس بدون چالش نیست (Choi, 2022). یکی از چالش‌های کلیدی، موانع فناوری است، زیرا سخت‌افزار و نرم‌افزار مورد نیاز برای تجربه‌ای کاملاً فراگیر در متاورس هنوز در حال توسعه است (Lyons, 2022). هدست‌های واقعیت مجازی، دستگاه‌های واقعیت افزوده و اینترنت پرسرعت مورد نیاز برای پشتیبانی از چنین پلتفرم‌هایی هنوز به طور جهانی در دسترس یا مقرون به صرفه نیستند (George et al., 2021) علاوه بر این، نگرانی‌هایی در مورد امنیت داده‌ها و حریم خصوصی در محیط‌های مجازی وجود دارد، همچنین پیامدهای اخلاقی ایجاد جهان‌های فراگیر که ممکن است مرز بین تعاملات مجازی و زندگی واقعی را مبهم کنند (Wang et al., 2021). چالش دیگر اطمینان از فراگیری و دسترسی‌پذیری پلتفرم‌های متاورس است (Bennett, 2022). در حالی که این محیط‌های مجازی پتانسیل زیادی دارند، ممکن است به‌طور ناخواسته افراد دارای معلولیت یا افرادی که از نظر فناوری مهارت کافی ندارند را از دسترسی محروم کنند (Shimova et al., 2024). همچنین، تفاوت‌های فرهنگی ممکن است در فضای مجازی بیشتر نمایان شوند که می‌تواند به سوءتفاهم‌ها یا درگیری‌های احتمالی بین تیم‌های توزیع‌شده جهانی منجر شود (Longgang et al., 2024). از این رو، طراحی و پیاده‌سازی مدل‌های کاری مبتنی بر متاورس باید این عوامل را مد نظر قرار دهد تا محیط کاری واقعاً فراگیر و عادلانه‌ای برای همه کارکنان ایجاد کند (Lau, 2022). در سطح جهانی، سیستم‌های متعددی برای تسهیل دورکاری در محیط متاورس توسعه یافته‌اند. شرکت‌هایی مانند متا (فیسبوک سابق) با پلتفرم Horizon Workrooms

و مایکروسافت با توسعه Microsoft Mesh، فضاهای کاری مجازی ایجاد کرده‌اند که به کاربران امکان می‌دهد در محیط‌های سه‌بعدی تعامل کنند (Egbengwu et al., 2025).

این پلتفرم‌ها با استفاده از فناوری‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، جلسات کاری را با حضور آواتارهای نماینده افراد برگزار می‌کنند و تجربه‌ای نزدیک به حضور فیزیکی را فراهم می‌سازند. علاوه بر این، شرکت‌هایی مانند Accenture با ایجاد دفاتر مجازی در متاورس، فرآیندهای آموزشی و همکاری تیمی را در این فضاها پیاده‌سازی کرده‌اند. با این حال، پذیرش گسترده این فناوری‌ها در محیط‌های کاری هنوز در مراحل اولیه قرار دارد و نیازمند توسعه بیشتر و بهبود تجربه کاربری است (Yamijala et al., 2025). در ایران، تیم‌های توسعه در بخش‌های دولتی و خصوصی به‌تازگی در حال تلاش برای ایجاد قابلیت‌های متناسب با متاورس هستند. به‌عنوان نمونه، پلتفرم «آلفانوا» به‌عنوان اولین متاورس ایرانی در مرداد ۱۴۰۳ رونمایی شد که امکان برگزاری رویدادهای مختلف را به‌صورت سه‌بعدی و تعاملی فراهم می‌کند. با توجه به نوظهور بودن این فناوری در کشور، شناسایی چالش‌ها و ارائه راهکارهای مناسب پیش از طراحی و پیاده‌سازی این پلتفرم‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. این مقاله با رویکردی انتقادی به بررسی این چالش‌ها می‌پردازد، چرا که روش‌های دیگر ممکن است پاسخگوی پیچیدگی‌ها و نیازهای خاص متاورس نباشند. نوآوری این پژوهش در ارائه تحلیلی جامع و انتقادی از وضعیت کنونی و آینده متاورس در ایران است که می‌تواند راهنمایی مؤثر برای توسعه‌دهندگان و سیاست‌گذاران باشد.

همچنین از منظر ادبیات نظری، کاوش در مورد متاورس به عنوان یک فضای کاری در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است، زیرا این فناوری پتانسیل تغییر شیوه سازماندهی و انجام کارها را دارد. مطالعات مختلفی به جنبه‌های مختلف متاورس پرداخته‌اند، از تأثیر آن بر زندگی کاری، فرصت‌ها برای کارآفرینان و چالش‌های قانونی، تا پیشرفت‌های فناوری لازم برای ایجاد چنین محیط‌های مجازی. این مرور ادبیات نتایج مطالعات کلیدی انجام شده در این زمینه نوظهور را ترکیب می‌کند و به مزایا، چالش‌ها و مسیرهای آینده متاورس در محیط‌های دورکاری می‌پردازد. در نهایت، نوماتا و همکاران[1] (۲۰۲۴)، یک سیستم پشتیبانی از راه دور مبتنی بر متاورس برای عملیات‌های میدانی شامل ماشین‌های بزرگ توسعه دادند. طراحی تجربی و تست کاربری آنها نشان داد که این سیستم به طور قابل توجهی زمان‌بندی وظایف مانند مشاهده، دستورالعمل‌ها و تغییر بین فعالیت‌ها را بهبود می‌بخشد. این مطالعه به پتانسیل متاورس برای تسهیل عملیات‌های پیچیده دنیای واقعی از راه دور اشاره دارد و راه‌حل‌هایی برای صنایعی ارائه می‌دهد که به نیروی کار ماهر در محیط‌های فیزیکی سخت وابسته هستند. ماهیندرو[2] و همکاران (۲۰۲۳)، بر روی پتانسیل متاورس برای کارآفرینان جوان که در دورکاری فعالیت می‌کنند، تمرکز کردند. مطالعه آنها که بر اساس مرور گسترده ادبیات و مطالعات موردی است، فرصت‌های موجود برای کارآفرینان را برجسته کرد، از جمله دسترسی گسترده‌تر به بازارهای جهانی و کاربردهای نوآورانه واقعیت افزوده و مجازی. با این حال، آنها همچنین به چالش‌های قابل توجهی از جمله زیرساخت‌های ناکافی فناوری و نگرانی‌های امنیتی اشاره کردند که باید برای موفقیت کارآفرینان جوان در این محیط جدید مورد توجه قرار گیرند. آتاک و اوژکوچ[3] (۲۰۲۳)، تأثیر کلی متاورس بر زندگی کاری را با استفاده از تکنیک دلفی که نظر کارشناسان را جمع‌آوری می‌کند، مورد بررسی قرار دادند. مطالعه آنها به اجماع در مورد ۴۶ پیش‌بینی کلیدی در مورد نقاط قوت، ضعف‌ها، تهدیدها و فرصت‌های متاورس در زمینه‌های کاری منجر شد. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که متاورس پتانسیل انقلاب در شرایط محل کار را دارد، اما نگرانی‌هایی در مورد چالش‌های اجرایی مانند تضمین دسترسی عادلانه و تطبیق ساختارهای کاری سنتی با محیط‌های مجازی وجود دارد. روزیرو[4] (۲۰۲۳)، از دیدگاه قانونی به متاورس نگریست، به ویژه در مورد مسئله عدم تبعیض در فضاهای کاری مجازی. از طریق تحلیل قانونی، این مطالعه بحث کرد که چگونه قوانین کار سنتی ممکن است به طور کافی به مسائل تبعیضی که در محیط‌های کاری مجازی ایجاد می‌شود، مانند الگوریتم‌های متعصب و دسترسی نابرابر به منابع مجازی،

[1] Numata et al.
[2] Mahindru et al.
[3] Atak and Özkoç
[4] Rosiuro

پاسخ ندهد. یافته‌ها بر نیاز به به‌روزرسانی قوانین کار برای حفاظت از کارگران در برابر تبعیض‌های احتمالی در محیط کاری در حال تکامل متاورس تأکید کردند. با استفاده از این پایه و اساس، پارک، آهین و لی[5] (۲۰۲۲) به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های خاص استفاده از متاورس به عنوان فضای کاری پرداختند. با استفاده از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و کارگاه‌های مشارکتی، آنها دورکاری، کار در دفتر فیزیکی و کار مبتنی بر متاورس را مقایسه کردند تا مزایا و معایب کلیدی را شناسایی کنند. مطالعه آنها به ارائه بینشی در مورد پتانسیل متاورس برای ارائه انعطاف‌پذیری و همکاری بهبود یافته پرداخته، در حالی که چالش‌هایی مانند عدم آشنایی با محیط‌های کاری مجازی و مسائل مرتبط با خستگی دیجیتال را نیز شناسایی کرده است. به همین ترتیب، ژاوو و همکاران[6] (۲۰۲۲)، یک چارچوب برای ساخت و اکتشاف بصری متاورس پیشنهاد دادند که بر گرافیک، تعامل و بصری‌سازی تمرکز دارد. مطالعه آنها یک طبقه‌بندی از عناصر بصری و فناوری‌های تعاملی که از اکتشاف کاربر محور در متاورس پشتیبانی می‌کند، ارائه داد. این چارچوب به عنوان یک پایه برای تحقیقات بیشتر در مورد نحوه تعامل کاربران با محیط‌های مجازی و چگونگی بهبود طراحی بصری برای افزایش غوطه‌وری و مشارکت عمل می‌کند.

دنگ، وانگ و ژانگ[7] (۲۰۲۲) بر روی اعمال متاورس در سیستم‌های ذخیره انرژی تمرکز کردند و یک راه‌حل مدیریت از راه دور برای ایستگاه‌های ذخیره انرژی مبتنی بر صحنه توسعه دادند. تحقیق مبتنی بر طراحی و شبیه‌سازی‌های آنها منجر به یک طرح مدیریت مبتنی بر متاورس شد که پیش‌بینی بار انرژی را بهبود بخشید و بهره‌وری مدیریت ذخیره انرژی را افزایش داد. این کاربرد متاورس پتانسیل آن را فراتر از محیط‌های کاری، به بخش‌های دیگری مانند مدیریت انرژی گسترش می‌دهد. چووی[8] (۲۰۲۲) دیدگاهی متفاوت ارائه داد و به بررسی تأثیر دورکاری در متاورس بر کاهش فشار جمعیتی در کلان‌شهرها پرداخت. با استفاده از یک آزمایش مبتنی بر سناریو، چوی نشان داد که توانایی دورکاری در متاورس بر تصمیم افراد برای انتقال از کلان‌شهرها به مناطق غیر شهری تأثیر مثبتی دارد. این یافته برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری که به دنبال کاهش بارهای زیست‌محیطی و زیرساختی ناشی از ازدحام جمعیت در کلان‌شهرها هستند، بسیار حائز اهمیت است. چالش‌های تکنولوژیکی و پیشرفت‌های مرتبط با متاورس توسط وانگ و همکاران[9] (۲۰۲۱) مورد بررسی قرار گرفت که یک مرور جامع از فناوری‌های فعال کننده متاورس مانند واقعیت افزوده، بلاکچین، هوش مصنوعی و شبکه‌های موبایلی آینده ارائه دادند. مرور ادبیات آنها بر همگرایی چندین فناوری در ایجاد متاورس و همچنین پتانسیل این فضای مجازی برای شکست محدودیت‌های سنتی زمانی و مکانی تأکید کرد و به یک عصر جدید از اتصال‌پذیری فراگیر اشاره کرد. لی و همکاران[10] (۲۰۲۱) یک نظرسنجی از توسعه متاورس با تمرکز بر فعال‌کنندگان فناوری انجام دادند. مطالعه آنها نقش فناوری‌های حیاتی از جمله هوش مصنوعی، محاسبات لبه و بلاکچین در انتقال از اینترنت کنونی به متاورس را ترسیم کرد. یافته‌های آنها یک نقشه راه روشن برای توسعه‌های آینده در متاورس فراهم می‌کند و بر نیاز به نوآوری مداوم در هر دو بخش سخت‌افزار و نرم‌افزار تأکید دارد. کاربردهای آموزشی متاورس توسط کِی و همکاران[11] (۲۰۲۱) مورد بررسی قرار گرفت، که چهار نوع متاورس را تعریف کردند: واقعیت افزوده، لایف‌لاگینگ، دنیای آینه‌ای و واقعیت مجازی، و پتانسیل آنها در آموزش را بررسی کردند. از طریق مرور ادبیات و مطالعات موردی، نویسندگان بحث کردند که چگونه متاورس می‌تواند تجربیات آموزشی جدیدی ایجاد کند، همکاری را ترویج دهد و مشارکت دانش‌آموزان را افزایش دهد، در حالی که به خطرات نقض حریم خصوصی و کاهش اتصالات اجتماعی در محیط‌های یادگیری مجازی نیز اشاره کردند.

در نتیجه، ادبیات مرور شده، نمای کاملی از وضعیت فعلی پژوهش‌ها در مورد کاربردهای متاورس در دورکاری و فراتر از آن ارائه می‌دهد. در حالی که فرصت‌های واضحی برای همکاری بهتر، دسترسی به بازار و مدیریت از راه دور وجود دارد، چالش‌های قابل توجهی نیز در رابطه با زیرساخت‌های فناوری، امنیت و چارچوب‌های قانونی وجود دارد. تلاش‌های پژوهشی و توسعه‌ای آینده باید

[5] Park, Ahn and Lee
[6] Zhao et al.
[7] Deng, Wang, and Zhang
[8] Choi
[9] Wang et al.
[10] Lee et al.
[11] Kay et al.

این شکاف‌ها را برطرف کنند تا پتانسیل کامل متاورس به عنوان یک نیروی تحول‌آفرین در محیط کاری و دیگر بخش‌ها محقق شود.

جدول شماره (۱). شکاف تحقیقاتی موجود و ارتباط با پژوهش حاضر.

پژوهش	تمرکز اصلی	شکاف علمی
Atak and Özkoç (2023)	بررسی تأثیر متاورس بر زندگی کاری	به تحلیل سیستماتیک چالش‌های اجتماعی و زیست‌محیطی متاورس در محیط‌های کاری نپرداخته است.
Choi (2022)	اثر دورکاری در متاورس بر کاهش فشار جمعیتی	به جنبه‌های عدالت اجتماعی، شمولیت و پایداری محیط زیست توجه نکرده است.
Wang et al., (2121)	مرور فناوری‌های فعال‌کننده متاورس	تحلیل سیستماتیک و انتقادی چالش‌های ذی‌نفعان را شامل نمی‌شود.
Zhao et al., (2022)	چارچوب گرافیکی و تصویری برای متاورس	فاقد تحلیل چندمعیاره برای اولویت‌بندی چالش‌ها و راهکارهاست.
پژوهش حاضر	تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های دورکاری در متاورس و ارائه راهکارهای اجرایی	ارائه تحلیل سیستماتیک و انتقادی، بررسی چالش‌های اجتماعی و زیست‌محیطی، و ارائه راهکارهای مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره.

در این پژوهش، ما از روش ادراک انتقادی سیستم (CSH) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) فازی برای طراحی و پیاده‌سازی یک پلتفرم متاورس استفاده کردیم که تجربه دورکاری را بهبود بخشد و در عین حال عدالت، فراگیری و شفافیت را تضمین کند. CSHیک چارچوب سیستماتیک ارائه می‌دهد تا به طور انتقادی بر مفروضات، ارزش‌ها و منافع که سیستم را شکل می‌دهد، بازتاب کنیم و به ما امکان می‌دهد تا تعصبات و عدم‌تعادل‌ها را شناسایی و کاهش دهیم. از سوی دیگر، AHP فازی به هدایت فرآیند تصمیم‌گیری از طریق ارزیابی معیارهای متعدد از دیدگاه‌های متنوع ذینفعان کمک می‌کند. با ترکیب این روش‌ها، هدف ما ایجاد یک پلتفرم متاورس تعاملی، همکارانه و اخلاقی است که به محدودیت‌های فعلی دورکاری می‌پردازد و در عین حال فراگیری، امنیت و پایداری را در محیط کار دیجیتال ترویج می‌دهد. پژوهش ما به ادبیات رو به گسترش در زمینه دورکاری و متاورس کمک خواهد کرد و بینش‌هایی را ارائه می‌دهد که چگونه می‌توان از این فناوری‌های نوظهور برای توسعه محیط‌های کاری عادلانه‌تر بهره‌برداری کرد. در نهایت، موفقیت این مدل به تعادل بین پیشرفت‌های فناوری و ملاحظات اجتماعی و اخلاقی وابسته خواهد بود و ما قصد داریم راهنمایی‌هایی برای سیاست‌گذاران، کسب‌وکارها و فناوران در چشم‌انداز دورکاری ارائه کنیم. با توجه به مرور پیشینه، بیشتر تحقیقات انجام‌شده بر جنبه‌های فنی و کارکردی متاورس تمرکز دارند و کمتر به تحلیل سیستماتیک چالش‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی مرتبط با این محیط پرداخته‌اند (جدول ۱). همچنین، در اغلب پژوهش‌ها، شکاف‌های مرتبط با شمولیت و عدالت اجتماعی به‌طور جامع بررسی نشده است. این تحقیق با ترکیب روش‌های CSH و AHP فازی، به‌طور خاص به تحلیل و رتبه‌بندی چالش‌های کلیدی، مانند عدالت، شمولیت، و پایداری محیط زیست، پرداخته و تلاش می‌کند تا راهکارهای عملی و مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه دهد. این رویکرد نوآورانه، شکاف‌های موجود در ادبیات را پوشش می‌دهد و به درک عمیق‌تر از ابعاد مختلف دورکاری در متاورس کمک می‌کند.

۲- روش شناسی پژوهش

الف) پیشینه نظری روش‌های تصمیم‌گیری نرم

روش‌های تصمیم‌گیری نرم، از جمله رویکردهای ساختاردهی مسأله، بر شناسایی و تبیین مسائل پیچیده‌ای تمرکز دارند که در آن‌ها عدم قطعیت، تعارض منافع، و پیچیدگی‌های اجتماعی نقش برجسته‌ای دارند. برخلاف روش‌های سخت که داده‌های عددی و مدل‌های ریاضی را محور تصمیم‌گیری قرار می‌دهند، این رویکردها به ماهیت کیفی مسائل، دیدگاه‌های مختلف ذی‌نفعان، و ساختار اجتماعی و فرهنگی آن‌ها توجه می‌کنند (Dehghan- Niri et al., 2018). در این روش‌ها، شناسایی عوامل مرتبط، روابط بین آن‌ها و نتایج احتمالی تصمیمات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این روش‌ها ابزارهای مؤثری برای تسهیل گفت‌وگو، شفاف‌سازی اهداف، و تدوین استراتژی‌ها در محیط‌های چندذی‌نفعی هستند (Khazaei et al., 2021). روش‌های

تصمیم‌گیری نرم به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهند که از رویکردی جامع‌تر برای تحلیل مسائل استفاده کنند. هدف اصلی این روش‌ها کمک به تصمیم‌گیرندگان در شناسایی و درک پیچیدگی‌های مسائل و یافتن راه‌حل‌هایی است که نیازهای مختلف را برآورده سازند (Mirhosseini et al., 2021). علاوه بر این، این روش‌ها بر ایجاد توافق جمعی و اجماع میان ذی‌نفعان تأکید دارند و به آن‌ها کمک می‌کنند تا به یک چشم‌انداز مشترک برای حل مسأله برسند. از این رو، در محیط‌های متغیر و پویای امروزی که مسائل سازمانی و اجتماعی روز به روز پیچیده‌تر می‌شوند، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری نرم به یکی از ابزارهای کلیدی برای تصمیم‌گیری‌های مؤثر تبدیل شده است. تصمیم‌گیری، حل مسأله و طراحی سیستم‌ها در شرایط پیچیده و غیر قابل پیش‌بینی انجام می‌شود. پیچیدگی مسائل ناشی از ارتباطات گسترده و عمیق سازمان‌ها و افراد در سراسر جهان است. دنیای پیرامون سازمان‌ها با پویایی و تغییرات روز افزون مواجه است و آگاهی کم از الگوی رفتار و تغییرات بی‌شمار محیطی، از عوامل موثر در این راستا است (Azar et al., 2016). پژوهش‌های دهه‌های ۷۰ تا ۹۰ میلادی نشان داد که بسیاری از مسائل سازمانی، به ویژه مسائل استراتژیک، با منطق محض تحقیق در عملیات قابل حل نیستند. این مسائل روز به روز پیچیده‌تر و حل آنها مشکل‌تر می‌شود و مدل‌های ریاضی تحقیق در عملیات سنتی (تحقیق در عملیات سخت) توانایی پاسخ به این شرایط را ندارند (Dehghan- Niri et al., 2018) اما برای حل مسائل پیچیده با عدم اطمینان، رویکردهای تحقیق در عملیات سخت کارآمد نیستند و باید مسأله‌ای ساختاریافته برای حل داشته باشیم. رویکردهای ساختاردهی مسأله به هیچ وجه مشابه رویکردهای پیشین نیستند و بر این باورند که مهمترین گام در حل یک مسأله، شناسایی آن است. رویکردهای ساختاردهی مسأله به تصمیم‌گیرندگان امکان شناسایی ساختار مسأله، نتایج و پیامدهای احتمالی هر تصمیم و آگاهی از تعهدات و تبعات تصمیمات را می‌دهد (Nairy et al., 2022). این روش‌ها اغلب در موقعیت‌های مسأله‌زا در آغاز یک فرآیند حل یک مسأله بدون ساختار و پیچیده با میزان زیادی از ذهنیت‌ها و دیدگاه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ramezani et al., 2021).

ب) پیشینه تجربی روش های انتقادی

روش‌های انتقادی مانند ادراک انتقادی سیستم بر بررسی مفروضات بنیادی و تحلیل تعصبات موجود در طراحی سیستم‌ها تأکید دارند. این رویکردها از نظر تجربی در حوزه‌های مختلفی مانند طراحی سیستم‌های اجتماعی، ارزیابی سیاست‌ها، و حل مسائل پیچیده اجتماعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال، در پژوهش‌های انجام‌شده توسط اولریش، از روش CSH برای شناسایی و تحلیل تعارض‌های قدرت در سیستم‌های اجتماعی استفاده شد (Ulrich, 2005). این رویکرد بر ارزیابی قضاوت‌های مرزی تمرکز دارد که مشخص می‌کند کدام مشاهدات و ارزش‌ها در طراحی سیستم اولویت دارند. از طریق این روش، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند دیدگاه‌های ذی‌نفعان مختلف را در نظر بگیرند و راه‌حل‌هایی جامع‌تر ارائه دهند. مطالعات تجربی نشان داده‌اند که روش‌های انتقادی نه تنها در شناسایی تعصبات و مفروضات پنهان موفق عمل کرده‌اند، بلکه به ایجاد راهکارهای عملی برای حل تعارضات و ارتقای شمولیت در طراحی سیستم‌ها کمک کرده‌اند. برای مثال، در یک مطالعه موردی مرتبط با ارزیابی سیاست‌های عمومی، از روش CSH برای تحلیل تأثیرات سیاست‌ها بر گروه‌های مختلف اجتماعی استفاده شد (Flood and Jackson, 1991). این مطالعه نشان داد که استفاده از رویکرد انتقادی به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا دیدگاه‌های متضاد را درک کنند و به راه‌حل‌هایی برسند که عدالت اجتماعی را افزایش می‌دهد. به این ترتیب، روش‌های انتقادی به ابزاری قدرتمند برای تحلیل مسائل پیچیده و حل تعارضات در محیط‌های اجتماعی و سازمانی تبدیل شده‌اند (Mingers and White, 2010). رویکرد انتقادی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که یک راه مطلق و واحد برای تصمیم‌گیری در مورد مسئله ما وجود ندارد. رویکرد انتقادی نیز هیچگاه جواب مطلق درست را ارائه نمی‌کند، اما می‌تواند فرایند بازتاب و بحث در مورد مفروضات جایگزین را فراهم آورد و مورد حمایت قرار دهد (Khazaei et al., 2021). این پارادایم به دو شاخه متفاوت تبدیل شده است: مداخلات کل سیستم (TSI) و ادراک انتقادی سیستم (CSH) (Ulrich, 2013). TSI پلورالیزم (تکثرگرایی، چندگانه گرایی) را افزایش می‌دهد تا رهایی بخش ستم‌دیدگان باشد و به حل کنندگان مسأله اجازه می‌دهد تا برای رسیدگی به مسائل مختلف، مراحل با روش‌های مناسب اعم از روش‌های پارادایم سخت و نرم استفاده نمایند (Mingers and White, 2010). اهداف TSI تسهیل تکاملی از طریق انتخاب متدلوژی انتقادی است، در حالی که CSH قائل به ارتقاء عملکرد

بازتابنده است (Ulrich, 2013). تمرین بازتابی باید خودانعکاسی را برای جلوگیری از خودفریبی فراهم کند و باید ادراکات متضاد و پیش‌فرض‌ها را از طرفین درگیر کاوشگری نماید (Ulrich, 1983).

تفکر سیستمی و سیستم به نامگذاری این روش مرتبط است چون همه تعاریف مسأله، پیشنهادهای حل مسأله، ارزیابی خروجی‌ها و نظیر این موارد، به نحوه‌ی قضاوت‌های اولیه در مورد کلیت سیستم و نحوه‌ی نگاه به آن مرتبط است. روش CSH این نوع قضاوت‌های ساخته شده را، قضاوت‌های مرزی می‌نامد(Ulrich, 2005). قضاوت‌های مرزی مشخص می‌کنند که کدام مشاهدات تجربی و توجهات ارزشی باید مرتبط قلمداد شود و کدام یک از آنها باید کمتر مورد توجه قرار گیرد و اهمیت کمتری داشته باشند. به دلیل وضعیتی که ارزش‌ها و حقایق موجود دارند، قضاوت‌های مرزی نقش حیاتی در ارزیابی و تعبیر یک ادعا خواهند داشت. ادعاهای مرسوم عبارتند از: یک تعریف مسأله یا شرحی از وضعیت مشکل موجود، پیشنهاد حل مشکل، معیار پیشنهاد شده برای موفقیت یا ایده عمومی در خصوص بهبود، اظهار نظر در مورد رعایت اخلاق، ادعا در مورد دانش یا عقلانیت و از این قبیل موارد (Ulrich, 2005). شرح روش‌شناسی CSH در ادامه همراستا با موضوع هدف این پژوهش به صورت گام به گام تشریح خواهد شد. لازم به ذکر است علیرغم گذشت چند دهه از ابداع CSH ، پژوهش‌های کمی با این رویکرد در ادبیات موضوع به چشم می‌خورد. لکن پژوهشگرانی که از این روش در اقدام پژوهی خود استفاده نموده‌اند، کاربردها و تأثیرات مثبت بسیاری را در بکارگیری این روش ذکر کرده‌اند. در این خصوص، پژوهشی تحت عنوان ابتکارهای انتقادی در طراحی سیستم‌های اجتماعی توسط (Ulrich, 1983) انجام گرفت که به انتقاد از سیستم‌های ستمگر و نحوه طراحی آنها پرداخت. الریچ معتقد بود دانش‌ها و رویکردهایی همچون تحقیق در عملیات، علوم سیستم‌ها، تحلیل سود و زیان، ارزیابی مسأله و ابزارهای مشابه، به چگونگی شکل‌گیری، پیشرفت و طراحی یک سیستم اجتماعی کمک می‌کند. اما هیچ یک از این تکنیک‌ها قادر نیستند یک سیستم اجتماعی را از منظر افراد دخیل و افراد متأثر مورد انتقاد قرار دهند. لذا در این پژوهش مبانی تکنیکی که بعدها به ادراک انتقادی سیستم معروف شد، شکل گرفت.

ج) شرح مراحل پژوهش

روش‌شناسی این پژوهش استفاده از ادراک انتقادی سیستم و تلفیق آن با رویکردهای فازی MADM است که در زمینه فازی از رویکرد FUZZY AHP بهره می‌برد. این ترکیب به منظور تحلیل و ساختاردهی مسائل پیچیده و متناقض به کار گرفته می‌شود، به طوری که رویکرد CSH با فراهم آوردن بستر بازتاب و بحث در مورد مفروضات جایگزین، و رویکرد FUZZY AHPبا ارائه مدلی برای تحلیل ساختارهای سلسله‌مراتبی و روابط پیچیده بین عوامل مختلف، مکمل یکدیگر هستند. در ادامه، روش‌شناسی‌های فوق را به صورت گام به گام تشریح خواهیم کرد.

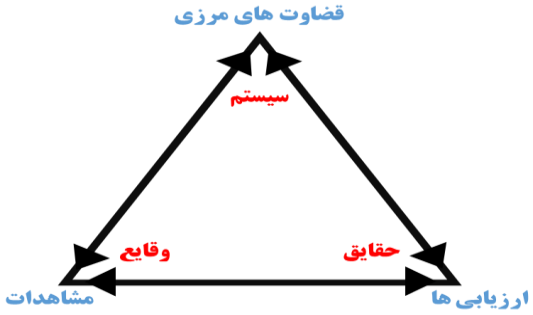
شکل شماره(۱). فرایند مراحل اجرایی پژوهش

روش CSH به دلیل تمرکز آن بر شناسایی و کاهش تعصبات، تناقض‌ها و نابرابری‌های قدرت در طراحی سیستم‌ها، در این پژوهش انتخاب شده است (Khazaei et al., 2021). این روش، برخلاف سایر روش‌های کیفی که معمولاً بر تحلیل داده‌ها یا شناسایی الگوهای تکراری تمرکز دارند، به‌طور خاص به تحلیل ساختاری پیچیدگی‌های موجود در محیط‌های نوظهور و یا

بازطراحی سیستم های موجود، می‌پردازد. ویژگی متمایز CSH امکان بررسی فرضیات پنهان و درک جامع‌تر از تعاملات سیستم هایی است که در آن ذی نفعان متعدد وجود دارد و بعضا دیدگاه‌ها متمایز و متضاد است (Dehghan et al., 2020). این خصوصیات باعث شده است که این روش یکی از مطلوب‌ترین گزینه‌ها برای تحلیل سیستم‌های کاری متاورس و چالش‌های مرتبط با آن باشد. علاوه بر این، سایر روش‌های کیفی، هرچند برای استخراج داده‌های کیفی مناسب هستند، اما در تحلیل سیستم‌های پیچیده که شامل تعاملات چندبعدی، فرضیات زیرساختی، و تعارض‌های ذی‌نفعان است، محدودیت‌هایی دارند. این روش‌ها عموماً نمی‌توانند به تحلیل جامع تعارض‌ها و تناقض‌ها بپردازند. از سوی دیگر، CSH با ارائه یک چارچوب سیستماتیک برای بازتاب انتقادی و تحلیل فرضیات بنیادین، توانایی منحصربه‌فردی در بررسی پیچیدگی‌های مرتبط با دورکاری در متاورس ارائه می‌دهد. برای وضوح بیشتر، یک فلوچارت شامل گام‌های اجرایی تحقیق از تعریف مسأله و اهداف تا ارائه راهکارهای عملی تهیه شده است(شکل۱).

د) انتقاد مرزی: هسته اصلیCSH

ایده اصلی CSH بهره‌گیری از انتقاد مرزی است که به عنوان تلاش سیستماتیک در دستکاری قضاوت‌های مرزی به صورت انتقادی تعریف می‌شود. انتقاد مرزی می‌تواند به دو شکل کلی انجام شود: به عنوان دستکاری قضاوت‌های مرزی به صورت خودانتقادی (تمرین بازتاب) یا به صورت استفاده از قضاوت‌های مرزی برای مقاصد انتقادی در مقابل افرادی که به صورت خودانتقادی اقدام به دستکاری این قضاوت‌ها نمی‌کنند (تمرین رهاسازی). بنابراین، بدون دانستن قضاوت‌های مرزی، نمی‌توانیم به صورت معنی‌دار و دقیق درباره وجوه مختلف موضوع بحث اظهارنظر کنیم (Ulrich, 2005). هسته‌ی روش CSH در مورد انتقاد مرزی و مفهوم آن ارائه تجسمی از ادعای بدست آمده است. این روش به درک ادعاها از منظر حقیقت، مشاهدات و ارزش‌ها که به قضاوت‌های مرزی مرتبط هستند، این فرآیند را مثلث‌سازی سیستمیک می‌نامند(شکل۲)، که در آن مشاهدات، ارزش‌ها و قضاوت‌های مرزی همگی به هم مرتبط می‌شوند (Ulrich, 2017). این مثلث‌سازی سیستمیک به بررسی ادعاها و یافته‌ها از زوایای مختلف کمک می‌کند تا آنها را در زمینه اخلاق و دیدگاه‌های اخلاقی، قضاوت‌های ارزشی و قضاوت‌های مرزی ارزیابی کنیم. هر ادعا یا یافته‌ای مبتنی بر مشاهدات و قضاوت‌های مرزی افراد منجر به شکل‌گیری حقایق می‌شود و درک این جنبه‌ها برای محقق در رسیدن به موقعیت مطلوب ضروری است.



شکل شماره(۲). مثلث ابدی، هسته اصلی CSH

دسته‌بندی‌های مرزی، نوعی خلاصه‌نویسی برای موضوعات مرزی خاص هستند که برای آزمون در چهار بخش نیاز داریم. این چهار موضوع اصلی مرزی عبارتند از: پایه انگیزش (حس هدفمندی و ارزش)، پایه قدرت (کنترل و موفقیت)، پایه دانش (تجربه و تخصص) و پایه مشروعیت (مشروعیت و ناظر). Ulrich (1983)، این نقش‌ها را برای هر گروه ذینفع تعریف می‌کند: مشتریان (پایه انگیزش)، تصمیم‌گیرندگان (پایه قدرت)، برنامه‌ریزان (پایه دانش) و ناظرین (پایه مشروعیت). Ulrich (2005)، سوالات مرزی را به شرح زیر طراحی کرده است:

۱. مشتری یا ذینفع چه کسی است؟
۲. هدف چیست؟
۳. معیار پیشرفت یا موفقیت چیست؟
۴. تصمیم‌گیرنده کیست؟

۵. چه منابعی و چه شرایطی تحت کنترل تصمیم‌گیرنده هستند؟
۶. چه شرایطی جزء محیط تصمیم‌گیری هستند؟
۷. چه کسی حرفه‌ای یا متخصص به شمار می‌آید؟
۸. چه نوع تخصصی مورد نیاز است؟
۹. چه چیزی یا چه کسی موفقیت را تضمین می‌کند؟
۱۰. چه کسی ناظر یا نماینده علایق افرادی است که تحت تأثیر قرار دارند؟
۱۱. چه کسی رهاسازی افراد تحت تأثیر را تضمین می‌کند؟

منطق فازی یک چارچوب ریاضی منطقی است که برای مدل‌سازی و حل مسائلی به کار می‌رود که با عدم قطعیت و تنوع سناریوهای مختلف مواجه‌اند. در این منطق خاص، مقادیر عددی دقیق به اعداد فازی تبدیل می‌شوند. این اعداد فازی شامل مجموعه‌ای از مقادیر واقعی هستند که هرکدام با درصدی از عضویت فازی مرتبطاند. این درصد عضویت نشان‌دهنده درجه تعلق هر مقدار به یک مجموعه خاص است. اعداد فازی ابزاری برای نمایش ابهام و تعامل در زمینه‌های مختلف مانند ارزیابی کیفیت، تصمیم‌گیری چندمعیاره، کنترل سیستم‌ها و سایر سناریوهایی هستند که در آن‌ها دستیابی به مقادیر دقیق یا برتری مطلق امکان‌پذیر نیست. این نوع استدلال با ترکیب اطلاعات کمی و کیفی، امکان قضاوت‌های دقیق‌تر را فراهم می‌کند و به افراد در مدیریت پیچیدگی‌ها و عدم قطعیت‌های موجود در بسیاری از حوزه‌ها کمک می‌نماید (Taghipur et al., 2023). یک مجموعه فازی A از یک مجموعه جهانی X به صورت زیر تعریف می‌شود :که در آن $\mu A(x) : X \rightarrow [0, 1]$ تابع عضویت مجموعه A است و مقدار عضویت $\mu A(x)$ درجه تعلق $x \in X$ به مجموعه A را نشان می‌دهد. یک مجموعه زمانی فازی نامیده می‌شود که تابع عضویت آن به عنوان تابعی واقعی $\mu_A\hat{}\sim (x) : R \rightarrow [0,1]$ به شکل زیر تعریف شده باشد:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \in (-\infty, a_1) \\ \dfrac{(x - a_1)}{(a_2 - a_1)}, & x \in [a_1, a_2] \\ \dfrac{(a_3 - x)}{(a_3 - a_2)}, & x \in [a_2, a_3] \\ 0, & x \in (a_3, +\infty) \end{cases}$$

رابطه(۱)

به طوریکه $a_1 \leq a_2 \leq a_3$

فرض کنید $A = (a_1, a_2, a_3)$ و $A = (b_1, b_2, b_3)$دو عدد فازی مثلثی باشد و β عدد ثابتی بزرگتر از صفر باشد. عملیات جبری زیر بر روی A و B تعریف شده است:

$$A \oplus B = (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$$

رابطه(۲)

$$A \otimes B = (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b, b_3) = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3)$$

رابطه(۳)

$$A \ominus B = (a_1, a_2, a_3) \ominus (b_1, b, b_3) = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3)$$

رابطه(۴)

$$A \oslash B = (a_1, a_2, a_3) \oslash (b_1, b, b_3) = (a_1/b_1, a_2/b_2, a_3/b_3)$$

رابطه(۵)

$$\beta A = (\beta a_1, \beta a_2, \beta a_3)$$

رابطه(۶)

فاصله بین A و B توسط Yao and Wu (2000) تعریف می‌شود:

$$d(A, B) = \frac{1}{2} \int_0^1 [a_1 + (a_2 - a_1)\alpha + a_3 - (a_3, a_2)\alpha - b_1 - (b_2 - b_1)\alpha - b_3 + (b_3 - b_2)\alpha]\, d\alpha$$

رابطه(۷)

پیشینه و مراحل روش تحلیل سلسه مراتبی فازی

روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)[12] یکی از رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای تحلیل و اولویت‌بندی مسائل پیچیده با عدم قطعیت و ابهام استفاده می‌شود. این روش ترکیبی از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و منطق فازی است که توسط زاده در سال ۱۹۶۵ معرفی شد و برای مدل‌سازی و تحلیل مسائلی که داده‌های ورودی آن‌ها قطعی نیستند یا به صورت زبانی تعریف می‌شوند، به کار می‌رود AHP (Khazaei et al., 2023). فازی با ارائه امکان استفاده از مقادیر فازی به جای مقادیر عددی قطعی، انعطاف بیشتری را برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت فراهم می‌کند. این روش به‌ویژه در مسائلی که قضاوت‌های انسانی نقش مهمی دارند، کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که استفاده از AHP فازی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، اولویت‌بندی پروژه‌ها، انتخاب تأمین‌کنندگان، و تحلیل ریسک‌های استراتژیک موفق عمل کرده است (Taghipur et al., 2023). این روش به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا نظرات مختلف را با استفاده از مقادیر فازی وزن‌دهی کرده و نتایج دقیق‌تر و قابل اعتمادتری برای تصمیم‌گیری ارائه دهند. برای تعیین وزن شاخص‌ها از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده می‌شود که از جمله روش های تصمیم‌گیری چندشاخصه می باشد (Khazai et al., 2022).اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر مقایسه‌های زوجی بر اساس دیدگاه خبرگان استوار است. اگر چه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می‌نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی رایج، امکان انعکاس تفکر انسانی را طور کامل ندارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی[13] و مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی (به‌کارگیری اعداد فازی) به تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت (Khazaei et al., 2023). در روش AHP فازی توسعه چانگ، معایبی وجود داشت از جمله اینکه وزن شاخص‌ها ممکن بود صفر یا منفی شود. بنابراین برای همپوشانی ضعف‌های روش چانگ، از روش AHP فازی بهبودیافته استفاده شده است. گام‌های این روش به شرح زیر می‌باشد:

گام ۱: تشکیل تیم خبرگان و پاسخ به سوالات پرسش‌نامه است که در این مرحله با استفاده از طیف‌های فازی AHP به سوالات پرسش‌نامه پاسخ داده می‌شود(جدول شماره ۲).

جدول شماره(۲). اعداد فازی و معکوس آنها به منظور مقایسه شاخص‌ها

ردیف	میزان اهمیت	اعداد فازی	معکوس اعداد فازی
۱	خیلی مهم	(۲,۲/۵,۳)	(۰/۳۳۴,۰/۴,۰/۵)
۲	مهم	(۱/۵,۲,۲/۵)	(۰/۴,۰/۵,۰/۶۶۷)
۳	کم‌اهمیت	(۱,۱/۵,۲)	(۰/۵,۰/۶۶۷,۱)
۴	نسبتا یسکان	(۰/۵,۱,۱/۵)	(۰/۶۶۷,۱,۲)
۵	یکسان	(۱,۱,۱)	(۱,۱,۱)

گام ۲: بررسی نرخ ناسازگاری مقایسات فازی

برای محاسبه نرخ ناسازگاری، شاخص‌های تصادفی R^mو R^g توسط گاگوس و بوچر در سال ۱۹۹۸ ارائه شده است. در این روش هر ماتریس مقایسه زوجی باید به دو ماتریس مجزا A^m و A^g تبدیل شود. ماتریس A^m از مقادیر میانی ترجیحات هر خبره (مقادیر میانی اعداد فازی مثلثی) حاصل می‌گردد و ماتریس A^g، از میانگین هندسی حد بالا و حد پایین اعدا فازی مثلثی ایجاد می‌شود. سپس بردار وزن هر دو ماتریس باید محاسبه شود. از آنجا که این ماتریس‌ها شامل داده‌های عددی (غیرفازی) هستند، می‌توان از روش ساعتی برای محاسبه بردار وزن استفاده نمود. لذا ، بردار اوزان w^m و w^g از روابطه زیر به دست می‌آیند.

رابطه(۸) $$w_i^m = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{a_{ijm}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ijm}}$$

رابطه(۹) $$w_i^g = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{\sqrt{a_{iju}.a_{ijl}}}{\sum_{i=1}^{m}\sqrt{a_{iju}.a_{ijl}}}$$

[12] Fuzzy Analytic Hierarchy Process
[13] lingustic

بزرگ‌ترین مقدار ویژه (λ_{max}) برای هرکدام از ماتریس از روابط زیر به دست می‌آید:

رابطه(۱۰) $$\lambda_{max}^{m} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ijm}\left(\frac{w_j^m}{w_i^m}\right)$$

رابطه(۱۱) $$\lambda_{max}^{g} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \sqrt{a_{ijm}.a_{ijl}}\left(\frac{w_j^g}{w_i^g}\right)$$

طبق روش ساعتی، شاخص ناسازگاری (CL)، که انحراف از سازگاری کامل را نشان می‌دهد، به ترتیب زیر محاسبه می‌گردد:

رابطه(۱۲) $$cl^m = \frac{(\lambda_{max}^{m} - n)}{(n-1)}$$

رابطه (۱۳) $$cl^g = \frac{(\lambda_{max}^{g} - n)}{(n-1)}$$

رابطه (۱۴) $$\mathrm{CR} = \frac{\mathrm{cl}}{\mathrm{RI}}$$

اگر هر دو نرخ ناسازگاری (CR^m و CR^g) ماتریس مقایسه زوجی بزرگ‌تر از ۰/۱ باشد، باید از خبره مورد نظر در خواست شود تا در نظراتش تجدید نظر نماید. اگر فقط یکی از آن‌ها بزرگ‌تر از ۰/۱ باشد، در حالی که دیگری در طیف مورد قبول باشد، بهتر است تصمیم گیرنده برای ارزیابی مجدد مقادیر میانی (مقادیر حدها) ترغیب شود و مقادیر حدها بدون تغییر بمانند. روایی پرسش‌نامه بر اساس فرمول لاوشه[14] محاسبه می‌گردد که مشخص کننده ضریب ناسازگاری مساله است و عمدتا پیشنهاد میشود که کمتر از ۰/۱ باشد (Taghipur et al., 2023).

رابطه(۱۵) $$CVR = \frac{\mathrm{N}_e - \frac{N}{2}}{\frac{\mathrm{N}}{2}}$$

CVR: ضریب روایی سؤال‌های پرسش‌نامه

N_e: تعداد افرادی که جواب مثبت به سؤال پرسش‌نامه داده‌اند.

N: تعداد کل پرسش‌نامه‌های دریافت شده.

جدول شماره(۳). تصمیم‌گیری در مورد روایی

تعداد متخصصان	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۴۰
حداقل مقدار روایی	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۲۹

۳- بحث و نتایج

سیمای خبرگان(جدول شماره(۴))، شامل یک گروه متنوع و متخصص در زمینه‌های مختلف فناوری اطلاعات و مدیریت است که ترکیبی از تخصص‌های فنی و مدیریتی را پوشش می‌دهند. این گروه شامل ده نفر از کارشناسان با میانگین سنی ۳۹ سال است که هر کدام دارای تحصیلات عالیه در رشته‌های مرتبط با حوزه‌های فناوری، مدیریت، و طراحی هستند. بیشترین سابقه کاری در این گروه به مشاور نوآوری سازمانی با ۲۵ سال تجربه و کمترین سابقه به توسعه‌دهنده سیستم‌های مجازی با ۷ سال تجربه اختصاص دارد. این تیم از تخصص‌های متنوعی همچون علوم کامپیوتر، مدیریت فناوری، طراحی صنعتی، پایداری، تحلیل داده، و مهندسی شبکه برخوردار است که همگی به منظور ارتقای دانش و نوآوری در پروژه‌های متاورس و دورکاری به کار گرفته شده‌اند. این ترکیب تخصصی و تجربی، امکان بررسی جامع و چندجانبه‌ای از چالش‌ها و فرصت‌های پیش روی متاورس را فراهم می‌کند.

جدول شماره(۴). سیمای خبرگان حاضر در پژوهش

ردیف	نقش/سمت	سن	تحصیلات	سابقه کاری
۱	متخصص فناوری اطلاعات	۴۵	دکترای علوم کامپیوتر	۲۰ سال
۲	مدیر پروژه‌های فناوری اطلاعات	۳۸	کارشناسی ارشد مدیریت فناوری	۱۵ سال

[14] LAWSHE

۳	توسعه‌دهنده سیستم‌های مجازی	۲۹	کارشناسی مهندسی نرم‌افزار	۷ سال
۴	پژوهشگر و متخصص پایداری	۵۰	دکترای مطالعات پایداری	۲۲ سال
۵	طراح تجربه کاربری	۳۳	کارشناسی ارشد طراحی صنعتی	۱۰ سال
۶	مدیر منابع انسانی	۴۲	کارشناسی ارشد مدیریت منابع انسانی	۱۸ سال
۷	تحلیلگر داده	۳۵	کارشناسی ارشد تحلیل داده	۱۲ سال
۸	مشاور نوآوری سازمانی	۴۷	دکترای مدیریت کسب و کار	۲۵ سال
۹	مهندس زیرساخت شبکه	۳۱	کارشناسی ارشد مهندسی شبکه	۸ سال
۱۰	مهندس داده	۴۰	کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات	۱۷ سال

الف) نتایج ادراک انتقادی سیستم

در این پژوهش، برای شناسایی موانع و راهکارها، از رویکرد CSH استفاده شده است. این رویکرد شامل مصاحبه‌های عمیق با خبرگان و ذی‌نفعان بود که هر کدام حدود ۳ تا ۴ ساعت به طول انجامید و در دو فرم "آنچه هست" و "آنچه باید باشد" شامل ۱۲ سؤال طراحی شد؛ در مجموع ۲۴ سؤال مطرح گردید. پاسخ‌ها توسط تسهیلگر جمع‌آوری و تحلیل شدند و سیستم فعلی با حالت ایده‌آل از دیدگاه ذی‌نفعان مقایسه شد. شکاف‌های میان حالت فعلی و ایده‌آل به‌عنوان موانع شناسایی شده و شرایط ایده‌آل تعریف‌شده توسط ذی‌نفعان مبنایی برای استخراج راهکارها قرار گرفت. مرور سیستماتیک در این پژوهش انجام نشده و تنها مرور ادبیات به‌منظور درک بهتر پژوهش‌های پیشین صورت گرفت. تمرکز اصلی بر مصاحبه‌های عمیق با خبرگان بوده است که دیدگاه‌های متنوع مرتبط با چالش‌ها و فرصت‌های متاورس را دربرمی‌گیرد. جدول شماره(۵)، حاصل جمع‌بندی پاسخ‌های خبرگان است. هر خبره در طی مصاحبه چندساعته، نکات کلیدی مرتبط با سؤالات مطرح‌شده را بیان کرده و این نکات توسط تیم پژوهش کدگذاری و تحلیل شدند. برای حفظ اختصار و تمرکز بر نتایج مهم، داده‌های تفصیلی ارائه نشد و تنها خلاصه و تجمیع نتایج در قالب این جدول ارائه گردید. پاسخ‌ها از طریق فرایند کدگذاری و تحلیل محتوا ادغام شده‌اند. ابتدا داده‌های هر مصاحبه بررسی و کدهای کلیدی استخراج شدند و سپس این کدها در دسته‌بندی‌های اصلی قرار گرفتند. برای اطمینان از انسجام و دقت، تیم تحقیقاتی دسته‌بندی‌ها را بازبینی کرده و دیدگاه‌های مختلف خبرگان به یک نتیجه‌گیری جامع و منسجم تبدیل شدند. بر اساس جدول ۵، مصاحبه‌ها بصورت عمیق با ۱۰ خبره صورت گرفت و بر روی مصاحبه‌های تحلیل‌هایی توسط تیم پژوهش انجام شد که بصورت جمع بندی شده و خلاصه وار، انتقادات و بازتاب‌های خبرگان مطرح شده است. همانطور که در جدول مشخص است، معرفی دورکاری از طریق پلتفرم‌های متاورس چالش‌ها و شکاف‌های متعددی را نشان می‌دهد که باید برای ایجاد محیطی فراگیر، عادلانه و پایدار در دورکاری مورد توجه قرار گیرد. در حال حاضر، طراحی و استقرار سیستم‌های کاری مبتنی بر متاورس تحت تأثیر انگیزه‌های سودآوری و تخصص‌های فنی است و غالباً ملاحظات مربوط به عدالت اجتماعی، تأثیرات محیطی و پیامدهای بلندمدت اجتماعی نادیده گرفته می‌شوند. فرآیند تصمیم‌گیری عموماً به صورت از بالا به پایین است و ورودی محدودی از کارکنان، جوامع حاشیه‌نشین و گروه‌های کاربری متنوع دریافت می‌شود که این امر منجر به طرد شدن و عدم شمولیت در طراحی سیستم می‌گردد. علاوه بر این، سیستم‌های فعلی توجه کمی به پایداری دارند و هزینه‌های محیطی بالای مصرف انرژی در مراکز داده و زیرساخت‌های متاورس نادیده گرفته می‌شوند.

جدول شماره(۵). جمع بندی نتایج مصاحبه های عمیق ادراک انتقادی سیستم از ۱۰ خبره

سؤالات CSH	وضعیت فعلی	وضعیت ایده‌آل
سوال ۱	پلتفرم‌های فعلی دورکاری عمدتاً به نفع شرکت‌ها و غول‌های فناوری هستند و توجه محدودی به رفاه کارکنان و شمولیت دارند.	سیستم باید به طور مساوی به همه ذینفعان، از جمله کارکنان از راه دور، شرکت‌ها و گروه‌های محروم، منفعت برساند و دسترسی و نتایج عادلانه‌ای را تضمین کند.
سوال ۲	تصمیمات عموماً توسط توسعه‌دهندگان پلتفرم و مدیران شرکت‌ها بدون مشارکت قابل توجه کارکنان از راه دور یا گروه‌های مختلف گرفته می‌شود.	تصمیم‌گیری باید به صورت مشارکتی انجام شود و شامل بازخورد کارکنان، ذینفعان و گروه‌های کاربری متنوع باشد.
سوال ۳	حداکثرسازی سود، بهره‌وری و کارایی بیشتر تصمیمات را هدایت می‌کند و اغلب نیازهای کارکنان فردی و عدالت	سیستم باید تعادل بین انگیزه‌های سود با رفاه کارکنان، عدالت، شمولیت و پایداری محیط زیست برقرار کند.

	اجتماعی را نادیده می‌گیرد.	
سوال ۴	موفقیت با دستاوردهای اقتصادی، افزایش بهره‌وری و نگهداشت کاربران در پلتفرم سنجیده می‌شود.	موفقیت باید با رضایت بلندمدت کارکنان، شمولیت، شفافیت، امنیت و رفاه کلی اندازه‌گیری شود.
سوال ۵	ذینفعانی مانند کارکنان و شرکت‌های کوچک معمولاً در شکل‌دهی به سیستم نقش حداقلی دارند و فراتر از مشاوره‌های اولیه درگیر نیستند.	ذینفعان، از جمله کارکنان، باید به طور فعال در چرخه‌های بازخورد مداوم مشارکت داشته باشند تا شمولیت و انصاف در طراحی سیستم تضمین شود.
سوال ۶	افراد دارای معلولیت، افراد با درآمد پایین و کسانی که به فناوری پیشرفته دسترسی ندارند، اغلب کنار گذاشته می‌شوند یا دسترسی کمتری دارند.	سیستم باید به گونه‌ای طراحی شود که گروه‌های حاشیه‌نشین را دربرگیرد و از دسترسی برابر اطمینان حاصل کند و موانع مشارکت را از بین ببرد.
سوال ۷	تمایل به جبرگرایی فناوری وجود دارد و فرض می‌شود که دسترسی به فناوری همه مشکلات را حل می‌کند و نگرانی‌های اجتماعی، اخلاقی و عدالت نادیده گرفته می‌شود.	طراحی باید به طور انتقادی به بررسی و رسیدگی به تعصبات بپردازد و اطمینان حاصل کند که فناوری به همه کاربران به طور عادلانه خدمت می‌کند، از جمله گروه‌های کم‌نمایش.
سوال ۸	غول‌های فناوری و شرکت‌ها بیشتر منابع، از جمله داده‌ها، زیرساخت‌ها و دسترسی به پلتفرم‌های متاورس را کنترل می‌کنند.	منابع باید به طور عادلانه‌تری توزیع شوند، با کنترل غیرمتمرکز، که به نهادهای کوچک‌تر و افراد امکان می‌دهد در تخصیص منابع نقش داشته باشند.
سوال ۹	توجه کمی به تأثیرات محیطی متاورس، از جمله مصرف انرژی و اثر کربنی از مراکز داده شده است.	سیستم باید پایداری را در اولویت قرار دهد، مصرف انرژی را کاهش دهد و از طریق فناوری‌های سبز، تأثیرات محیطی را به حداقل برساند.
سوال ۱۰	سیستم عمدتاً توسط تخصص فنی (مثلاً توسعه نرم‌افزار) هدایت می‌شود و ادغام کمی از علوم اجتماعی، اخلاق یا دیدگاه‌های شمولیت دارد.	سیستم باید تخصص‌های بین‌رشته‌ای را، از جمله دیدگاه‌های اخلاقی، اجتماعی و محیط زیستی در کنار تخصص فنی، ادغام کند.
سوال ۱۱	تعارضات منافع، مانند تعارض بین انگیزه‌های سودآوری شرکت‌ها و رفاه کارکنان، اغلب به‌خوبی مدیریت نمی‌شود یا نادیده گرفته می‌شود.	تعارضات منافع باید به‌صورت شفاف مدیریت شود و مکانیسم‌هایی برای حل و فصل مناقشات به‌طور منصفانه و مطابق با استانداردهای اخلاقی وجود داشته باشد.
سوال ۱۲	تأثیرات بلندمدت اجتماعی دورکاری بر پایه متاورس کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته و خطرات احتمالی عمیق‌تر شدن شکاف دیجیتال و محرومیت وجود دارد.	سیستم باید به طور فعال تأثیرات منفی احتمالی اجتماعی را در نظر بگیرد و از آن جلوگیری کند و ترویج برابری دیجیتال و شمول اجتماعی را برای همه گروه‌ها تضمین کند.

چالش دیگر عدم مشارکت بین‌رشته‌ای در طراحی این پلتفرم‌ها است (Paetow et al., 2025).کارشناسان فنی معمولاً بر فرآیند توسعه مسلط هستند و ورودی‌های حیاتی از دانشمندان اجتماعی، اخلاق‌دانان و دیگر ذینفعانی که می‌توانند به مسائل مربوط به تعصبات، عدم تعادل قدرت و پیامدهای اجتماعی بلندمدت فناوری کمک کنند، نادیده گرفته می‌شود. علاوه بر این، گروه‌های حاشیه‌نشین، از جمله افراد دارای معلولیت یا افرادی که به فناوری‌های پیشرفته دسترسی ندارند، اغلب به دلیل موانع دسترسی کنار گذاشته می‌شوند. این امر نیاز به حضور دیدگاه‌های متنوع‌تر را برجسته می‌کند تا اطمینان حاصل شود که سیستم‌های کاری از راه دور مبتنی بر متاورس برای همه قابل دسترسی هستند. در جدول ۶، وضعیت فعلی و وضعیت ایده‌آل برای هر یک از دوازده سؤال مرتبط با مرزهای قضاوت و طراحی سیستم متاورس ارائه شد. این جدول به‌عنوان نقطه شروع برای شناسایی شکاف‌های اصلی و استخراج چالش‌های کلیدی مورد استفاده قرار گرفت. با بررسی دقیق داده‌های مصاحبه و استفاده از دسته‌بندی‌های CSH، شکاف‌هایی که میان وضعیت فعلی و ایده‌آل وجود داشتند، به‌عنوان چالش‌ها تعریف شدند. این فرایند شامل تحلیل پاسخ‌های ارائه‌شده توسط خبرگان، کدگذاری و مقایسه آن‌ها، و شناسایی تم‌های مشترک در میان داده‌ها بود. سپس این شکاف‌ها با توجه به تأثیراتشان بر طراحی و توسعه متاورس دسته‌بندی شدند و در قالب چالش‌های جدول ۶ ارائه شدند. این چالش‌ها به‌طور خاص شامل عدم شمولیت، تعصب تکنولوژیک، بی‌توجهی به محیط زیست، و تمرکز کوتاه‌مدت بودند که همگی از تحلیل مفروضات و ارزش‌های پنهان سیستم‌های کنونی استخراج شده‌اند.

جدول شماره(۶). جمع بندی چالش‌ها و شکاف‌های موجود برای پیاده‌سازی متاورس.

کد	چالش/شکاف	توضیحات
Ch1	فقدان شمولیت و تنوع	مشارکت محدود گروه‌های حاشیه‌نشین و دیدگاه‌های متنوع کاربران در طراحی سیستم‌های متاورس.
Ch2	تصمیم‌گیری از بالا به پایین	تصمیم‌گیری‌های کلیدی توسط مدیران شرکت‌ها و توسعه‌دهندگان بدون ورود معنادار از سوی کارکنان دورکار و سایر ذینفعان.
Ch3	عدم توازن در کنترل منابع	شرکت‌های بزرگ منابع را کنترل می‌کنند و این امر موجب عدم تعادل قدرت و محدود کردن مشارکت نهادهای کوچک‌تر در توسعه متاورس می‌شود.
Ch4	بی‌توجهی به محیط زیست	تأثیرات قابل توجه زیست‌محیطی مراکز داده و مصرف بالای انرژی در طراحی سیستم‌های متاورس اغلب نادیده گرفته می‌شود.
Ch5	تعصب تکنولوژیک	سیستم‌های متاورس بر اساس فرضیات دترمینیسم تکنولوژیک ساخته شده‌اند و نیازهای کاربرانی که به فناوری‌های پیشرفته دسترسی ندارند نادیده گرفته می‌شوند.
Ch6	عدم اتصال بین‌رشته‌ای	عدم ادغام دیدگاه‌های اجتماعی، اخلاقی و زیست‌محیطی در طراحی و توسعه سیستم‌ها.
Ch7	موانع دسترسی	پلتفرم‌های فعلی نیازهای کاربران دارای معلولیت یا دسترسی محدود به فناوری را به طور کافی در نظر نمی‌گیرند.
Ch8	تمرکز کوتاه‌مدت	تمرکز بر سودآوری فوری و افزایش بهره‌وری بدون در نظر گرفتن تأثیرات بلندمدت اجتماعی سیستم‌های دورکاری مبتنی بر متاورس.

یکی از شکاف‌های مهم در توزیع عادلانه منابع و کنترل زیرساخت‌های متاورس است. در حال حاضر، شرکت‌های بزرگ بر این فضا تسلط دارند و کنترل دسترسی، داده‌ها و تصمیم‌گیری را در دست دارند که منجر به عدم توازن قدرت و محدود شدن مشارکت نهادهای کوچک‌تر یا افراد می‌شود. علاوه بر این، تأثیرات زیست‌محیطی این پلتفرم‌ها، مانند مصرف انرژی و انتشار کربن، اغلب در شتاب برای اجرای فناوری‌های پیشرفته نادیده گرفته می‌شود. همچنین رسیدن از جدول ۶ به جدول ۷ نیز همانند مرحله قبل با استفاده از تحلیل داده‌های مصاحبه و رویکرد CSH انجام شد. در جدول ۶، وضعیت ایده‌آل برای هر یک از دوازده سؤال CSH تعریف شده بود که نشان‌دهنده خواسته‌ها و انتظارات ذینفعان برای طراحی سیستم‌های متاورس بود. با استفاده از این داده‌ها، راهکارها و استراتژی‌های پیشنهادی برای رسیدن به وضعیت ایده‌آل استخراج و دسته‌بندی شدند. این فرآیند شامل شناسایی نقاط مشترک میان پیشنهادهای مطرح‌شده توسط خبرگان، ادغام آن‌ها در قالب تم‌های عملیاتی، و تدوین استراتژی‌های مشخص برای رفع شکاف‌های شناسایی‌شده در جدول ۷ بود. به‌عنوان‌مثال، ایده‌هایی مانند طراحی فراگیر، تصمیم‌گیری مشارکتی، و کنترل منابع غیرمتمرکز به‌عنوان پاسخ‌هایی مستقیم به چالش‌هایی نظیر عدم شمولیت و تمرکز قدرت شناسایی شدند. سپس، این راهکارها بر اساس اهمیت و قابلیت اجرایی‌شان در قالب دسته‌بندی‌های جدول ۷ سازمان‌دهی شدند تا نقشه راه مشخصی برای پیاده‌سازی سیستم‌های متاورس عادلانه و پایدار ارائه دهند. برای رفع این چالش‌ها، ترکیبی از استراتژی‌ها و راه‌حل‌ها لازم است تا استفاده موفق و فراگیر از متاورس در محیط‌های دورکاری تسهیل شود. یکی از رویکردهای کلیدی این است که دامنه وسیع‌تری از ذینفعان در فرآیندهای تصمیم‌گیری دخیل شوند تا اطمینان حاصل شود که صداهای حاشیه‌نشینان شنیده شده و در طول توسعه و عملیات جاری سیستم مدنظر قرار می‌گیرند. توسعه سازوکارهای واضح برای شناسایی و رفع تعصبات و عدم توازن‌های قدرت درون سیستم، استراتژی حیاتی دیگری برای ارتقای عدالت و شفافیت است. علاوه بر این، می‌توان سیاست‌ها و مشوق‌هایی را برای ترویج استفاده از فناوری‌های پایدار در متاورس معرفی کرد و کاهش مصرف انرژی و پذیرش شیوه‌های دوستدار محیط زیست را تشویق نمود.

جدول شماره(۷). جمع بندی راهکارها و استراتژی‌های موجود برای پیاده‌سازی متاورس.

کد	راهکار/استراتژی	توضیحات
S1	چارچوب طراحی فراگیر	صدای گروه‌های حاشیه‌نشین و کاربران متنوع را در فرآیند طراحی دخیل کنید تا پلتفرم‌ها برای همه قابل دسترسی و عادلانه باشند.
S2	تصمیم‌گیری مشارکتی	کارمندان، نهادهای کوچک‌تر و سایر ذینفعان را در فرآیندهای تصمیم‌گیری دخیل کنید تا مشارکت منصفانه و عادلانه‌ای تضمین شود.
S3	کنترل منابع غیرمتمرکز	مدل‌های عادلانه‌ای برای توزیع منابع ایجاد کنید تا عدم توازن قدرت کاهش یابد و مشارکت

		گسترده‌تری در توسعه متاورس امکان‌پذیر شود.
S4	سیاست‌های پایداری زیست‌محیطی	سیاست‌هایی را اجرا کنید که استفاده از فناوری‌های سبز را ترویج دهند، مصرف انرژی را کاهش دهند و تأثیرات زیست‌محیطی پلتفرم‌های متاورس را به حداقل برسانند.
S5	مقابله با تعصبات فناورانه	تعصبات موجود در طراحی سیستم را شناسایی و کاهش دهید تا کاربران فاقد دسترسی به فناوری‌های پیشرفته نیز در نظر گرفته شوند.
S6	رویکرد بین‌رشته‌ای	همکاری بین کارشناسان فنی، اجتماعی، اخلاقی و زیست‌محیطی را تقویت کنید تا طراحی سیستم به‌صورت متعادل و مسئولانه انجام شود.
S7	ویژگی‌های دسترسی	پلتفرم‌ها را با ویژگی‌های دسترسی داخلی طراحی کنید که نیازهای کاربران دارای معلولیت و سایر نیازهای متنوع را برآورده سازد.
S8	ارزیابی تأثیرات اجتماعی بلندمدت	به‌طور منظم تأثیرات اجتماعی بلندمدت سیستم‌های متاورس را ارزیابی کنید تا اطمینان حاصل شود که دسترسی عادلانه و شمول اجتماعی را ترویج می‌دهند.
S9	مکانیزم‌های بازخورد مداوم	حلقه‌های بازخورد مداوم با کاربران را اجرا کنید تا مشکلات، چالش‌ها و فرصت‌های بهبود در زمان واقعی شناسایی شوند.
S10	نظارت قانونی و دستورالعمل‌های اخلاقی	مقررات واضح و دستورالعمل‌های اخلاقی را برای اطمینان از پایبندی پلتفرم‌های متاورس به اصول عدالت، شفافیت و شمولیت توسعه دهید.
S11	برنامه‌های توانمندسازی کارمندان	برنامه‌هایی ایجاد کنید که کارمندان دورکار را برای کنترل بیشتر بر فضای کاری مجازی و محیط‌های همکاری توانمند سازند.
S12	تحقیق و توسعه برای ابزارهای دسترسی	در تحقیق و توسعه برای ایجاد ابزارهای فراگیر و دسترس‌پذیر برای کاربران با قابلیت‌های فناورانه و زمینه‌های اجتماعی–اقتصادی متفاوت سرمایه‌گذاری کنید.

پیاده‌سازی رویکردهای بین‌رشته‌ای که تخصص‌های فنی، اجتماعی و اخلاقی را با هم ترکیب می‌کند، به پر کردن شکاف بین نوآوری‌های فناورانه و مسئولیت اجتماعی کمک خواهد کرد (Yamijala et al., 2025). علاوه بر این، بهبود دسترسی با طراحی پلتفرم‌هایی که نیازهای کاربران متنوع، از جمله افراد دارای معلولیت را برآورده می‌کند، برای اطمینان از اینکه همه افراد فرصت‌های برابر برای بهره‌مندی از دورکاری در متاورس دارند، ضروری خواهد بود. در نهایت، باید بر ایجاد مدل‌های عادلانه توزیع منابع تأکید بیشتری شود. این راه‌حل‌ها و استراتژی‌ها نقشه راهی برای ایجاد محیط کاری دیجیتال فراگیرتر، عادلانه‌تر در آینده ارائه می‌دهند.

ب) نتایج AHP فازی: بخش چالش‌ها و گپ‌ها

در بررسی چالش‌های فازی مطرح‌شده در محیط‌های کاری متاورس، هر کدام از این چالش‌ها دارای اثرات متقابلی هستند که در این جدول به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند. چالش‌هایی مانند "عدم شمولیت و تنوع (Ch1) "و "تصمیم‌گیری از بالا به پایین (Ch2) "به‌طور مستقیم بر یکدیگر تاثیر دارند و با ضریبی نزدیک به یکدیگر سنجیده شده‌اند، که نشان‌دهنده ارتباط قوی بین این دو چالش است. در مورد چالش "کنترل نابرابر منابع(Ch3) "، تاثیر این چالش بر دیگر چالش‌ها نظیر "عدم توجه به محیط زیست (Ch4) "و "جانبداری تکنولوژیکی (Ch5) "با ضریب‌های مختلفی سنجیده شده که نشان‌دهنده وابستگی و تاثیرگذاری متفاوت این چالش بر سایر چالش‌هاست. در ادامه، تاثیر "عدم توجه به محیط زیست (Ch4) "بر چالش‌هایی چون "فقدان ارتباط بین‌رشته‌ای (Ch6) "و "موانع دسترسی (Ch7) "مورد بررسی قرار گرفته است که نشان‌دهنده اهمیت بالای این چالش در تاثیرگذاری بر پایداری و قابلیت دسترسی است. چالش "جانبداری تکنولوژیکی (Ch5) "نیز تاثیرات گسترده‌ای بر دیگر چالش‌ها دارد که از طریق ضرایب مختلف در جدول منعکس شده است. این چالش به‌خصوص در ارتباط با چالش‌های دیگر نظیر "کنترل نابرابر منابع (Ch3) "و "فقدان ارتباط بین‌رشته‌ای (Ch6) "تاثیرگذاری بالایی نشان می‌دهد.

جدول شماره(۸). جدول ورودی داده‌های فازی مثلثی در بخش چالش‌ها و شکاف‌ها

	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6	Ch7	Ch8
Ch1	۱/ ۰۰ ۱/ ۰۰ ۱/ ۰۰	۲/ ۱۷ ۱/ ۶۰ ۱/ ۱۲	۱/ ۴۳ ۱/ ۰۳ ۰/ ۷۶	۱/ ۲۰ ۰/ ۸۱ ۰/ ۵۸	۱/ ۷۶ ۱/ ۲۷ ۰/ ۸۸	۲/ ۰۹ ۱/ ۵۳ ۱/ ۰۵	۲/۰۹ ۱/ ۵۳ ۱/ ۰۵	۱/ ۷۶ ۱/ ۲۷ ۰/ ۸۸
Ch2	۰/ ۸۹ ۰/ ۶۲ 46/0	۱/ ۰۰ ۱/ ۰۰ ۱/ ۰۰	۱/ ۷۶ ۱/ ۲۷ ۰/ ۸۸	۱/ ۷۲ ۱/ ۲۳ ۰/ ۸۳	۱/ ۷۶ ۱/ ۲۷ ۰/ ۸۸	۲/ ۰۹ ۱/ ۵۳ ۱/ ۰۵	۲/ ۰۹ ۱/ ۵۳ ۱/ ۰۵	۱/ ۷۶ ۱/ ۲۷ ۰/ ۸۸

Ch3	۰/ ۷۰	۰/ ۹۷	۱/ ۳۲	۰/ ۵۷	۰/ ۷۹	۱/ ۱۳	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۰/ ۸۸	۱/ ۸۸	۲/ ۶۴	۳/ ۴۷	۰/ ۸۸	۱/ ۷۶	۱/ ۲۷	۰/ ۸۸	۱/ ۰۵	۱/ ۵۳	۲/ ۰۹	۱/ ۰۵	۱/ ۵۳	۲/ ۰۹	۱/ ۰۵
Ch4	۰/ ۸۳	۱/ ۲۳	۱/ ۷۲	۰/ ۵۸	۰/ ۸۱	۱/ ۲۰	۰/ ۲۹	۰/ ۳۸	۰/ ۵۳	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۱/ ۵۶	۲/ ۲۴	۲/ ۹۴	۱/ ۰۵	۱/ ۵۳	۲/ ۰۹	۱/ ۰۵	۱/ ۵۳	۲/ ۰۹	۱/ ۰۵	۱/ ۵۳	۲/ ۰۹
Ch5	۰/ ۵۷	۰/ ۷۹	۱/ ۱۳	۰/ ۵۷	۰/ ۷۹	۱/ ۱۳	۰/ ۵۷	۰/ ۷۹	۱/ ۱۳	۰/ ۳۴	۰/ ۴۵	۰/ ۶۴	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۰/ ۹۳	۱/ ۴۳	۱/ ۹۹	۱/ ۵۹	۲/ ۱۴	۲/ ۷۷	۰/ ۸۴	۱/ ۲۲	۱/ ۷۴
Ch6	۰/ ۴۸	۰/ ۶۵	۰/ ۹۵	۰/ ۴۸	۰/ ۶۵	۰/ ۹۵	۰/ ۴۸	۰/ ۶۵	۰/ ۹۵	۰/ ۴۸	۰/ ۶۵	۰/ ۹۵	۰/ ۵۰	۰/ ۷۰	۱/ ۰۷	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۱/ ۲۲	۱/ ۷۲	۲/ ۲۹	۰/ ۳۸	۰/ ۴۷	۰/ ۶۵
Ch7	۰/ ۴۸	۰/ ۶۵	۰/ ۹۵	۰/ ۴۸	۰/ ۶۵	۰/ ۹۵	۰/ ۴۸	۰/ ۶۵	۰/ ۹۵	۰/ ۳۶	۰/ ۴۷	۰/ ۶۳	۰/ ۴۴	۰/ ۵۸	۰/ ۸۲	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰	۱/ ۴۳	۲/ ۰۹	۲/ ۷۸			
Ch8	۰/ ۵۷	۰/ ۷۹	۱/ ۱۳	۰/ ۵۷	۰/ ۷۹	۱/ ۱۳	۰/ ۹۳	۱/ ۳۵	۱/ ۹۰	۱/ ۶۰	۲/ ۲۵	۲/ ۸۳	۰/ ۵۸	۰/ ۸۲	۱/ ۱۹	۱/ ۵۴	۲/ ۱۱	۲/ ۶۳	۰/ ۳۶	۰/ ۴۸	۰/ ۷۰	۰/ ۰۰	۱/ ۰۰	۱/ ۰۰

"فقدان ارتباط بین‌رشته‌ای (Ch6) "و "موانع دسترسی (Ch7) "نیز به‌عنوان چالش‌های کلیدی دیگر مطرح شده‌اند که هر کدام در تاثیرگذاری بر چالش‌های دیگری مانند "عدم شمولیت و تنوع" و "تمرکز کوتاه‌مدت (Ch8) "دارای نقش مهمی هستند. در نهایت، چالش "تمرکز کوتاه‌مدت (Ch8) "که بر روی بسیاری از دیگر چالش‌ها تاثیرگذار است، به‌خصوص در ارتباط با "تصمیم‌گیری از بالا به پایین (Ch2) "و "کنترل نابرابر منابع (Ch3) "مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاکی از ارتباطات پیچیده بین این چالش‌ها در یک محیط فازی است. این جدول نشان می‌دهد که هر یک از این چالش‌ها به‌طور متقابل بر یکدیگر اثر می‌گذارند و این اثرات می‌توانند از طریق بررسی دقیق و جامع مورد تحلیل قرار گیرند. ضریب‌های موجود در جدول نمایانگر قدرت و میزان این ارتباطات هستند که باید در مدیریت و تصمیم‌گیری در محیط‌های متاورسی به‌طور ویژه مدنظر قرار گیرند. نتایج فازی بخش چالش‌ها با استفاده از میانگین هندسی و وزن‌های فازی، بر اساس رتبه اهمیت چالش‌ها، نشان‌دهنده اولویت‌بندی چالش‌ها و میزان تاثیرگذاری آن‌ها در محیط متاورسی هستند. در رتبه اول، چالش "عدم شمولیت و تنوع (Ch1) " با بالاترین مقدار میانگین هندسی فازی (۸۹۸۸/ ۰–۲۲۵۷/ ۱–۶۳۱۱/ ۱) و وزن فازی (۰۸۲۶/ ۰–۱۵۰۸/ ۰–۲۶۹۷/ ۰) قرار دارد. این چالش بیشترین تاثیر را در محیط‌های متاورسی دارد، به ویژه از نظر اهمیت و وزن نرمال‌سازی شده‌اش (۱۴۹۹/ ۰). بنابراین، این چالش باید در اولویت اقدامات و راهکارهای مدیریتی قرار گیرد تا تضمین شود که متاورس به عنوان یک محیط کاری فراگیرتر و تنوع‌پذیرتر عمل می‌کند. چالش "تصمیم‌گیری از بالا به پایین (Ch2) "در رتبه دوم قرار دارد. مقدار میانگین هندسی فازی این چالش (۸۵۶۷/ ۰–۱۷۷۳/ ۱–۵۶۵۹/ ۱) نشان‌دهنده تاثیر بالای آن بر ساختارهای تصمیم‌گیری در محیط‌های متاورسی است. وزن نرمال‌سازی شده این چالش (۱۴۳۸/ ۰) نشان‌دهنده اهمیت بالای آن در فرآیندهای تصمیم‌گیری است که می‌تواند بر کارایی و کارآمدی تصمیمات تاثیرگذار باشد.

جدول شماره(۹). نتایج فازی بخش شکاف‌ها و چالش‌ها

	میانگین هندسی فازی هر ردیف			اوزان فازی		BNP	وزن نرمال نهایی
Ch1	۰/۸۹۸۸	۱/۲۲۵۷	۱/۶۳۱۱	۰/۰۸۲۶	۰/۱۵۰۸	۰/۲۶۹۷	۰/۱۶۸	۰/۱۴۹۹
Ch2	۰/۸۵۶۷	۱/۱۷۷۳	۱/۵۶۵۹	۰/۰۷۸۷	۰/۱۴۴۸	۰/۲۵۹	۰/۱۶۱	۰/۱۴۳۸
Ch3	۰/۸۸۶۹	۱/۲۰۴	۱/۵۹۸	۰/۰۸۱۵	۰/۱۴۸۱	۰/۲۶۴۳	۰/۱۶۵	۰/۱۴۷۲
Ch4	۰/۷۳۴۴	۰/۹۸۳۸	۱/۳۱۲۴	۰/۰۶۷۵	۰/۱۲۱	۰/۲۱۷	۰/۱۳۵	۰/۱۲۰۹
Ch5	۰/۷۲۷۶	۰/۹۷۳۸	۱/۳۱۵۲	۰/۰۶۶۹	۰/۱۱۹۸	۰/۲۱۷۵	۰/۱۳۵	۰/۱۲۰۴
Ch6	۰/۵۷۶۷	۰/۷۵۴	۱/۰۳۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۹۲۷	۰/۱۷۱۲	۰/۱۰۶	۰/۰۹۴۵
Ch7	۰/۵۷۴۲	۰/۷۵۴۲	۱/۰۲۰۸	۰/۰۵۲۸	۰/۰۹۲۸	۰/۱۶۸۸	۰/۱۰۵	۰/۰۹۳۷
Ch8	۰/۷۹۱۶	۱/۰۵۶۵	۱/۴۰۴۱	۰/۰۷۲۷	۰/۱۳	۰/۲۳۲۲	۰/۱۴۵	۰/۱۲۹۶

چالش "کنترل نابرابر منابع (Ch3) "در رتبه سوم قرار دارد و میانگین هندسی فازی آن (۸۸۶۹/ ۰–۲۰۴/ ۱–۵۹۸/ ۱) بیانگر تاثیرات قابل توجه این چالش بر تخصیص منابع و دسترسی به آن‌ها در محیط‌های کاری متاورس است. وزن نرمال‌سازی شده آن (۱۴۷۲/ ۰) نیز بیانگر اهمیت مدیریت بهتر منابع و ایجاد توازن در استفاده از آن‌ها است. چالش "عدم توجه به محیط زیست " (Ch4)با میانگین هندسی (۷۳۴۴/ ۰–۹۸۳۸/ ۰–۳۱۲۴/ ۱) در رتبه چهارم قرار دارد. این چالش به طور خاص بر پایداری محیطی و تاثیرات زیست‌محیطی محیط‌های متاورسی متمرکز است. وزن نرمال‌سازی شده این چالش (۱۲۰۹/ ۰) اهمیت توجه به مسائل زیست‌محیطی را در توسعه محیط‌های کاری متاورس برجسته می‌کند. در رتبه پنجم، چالش "جانبداری تکنولوژیکی " (Ch5)قرار دارد که میانگین هندسی (۷۲۷۶/ ۰–۹۷۳۸/ ۰–۳۱۵۲/ ۱) نشان‌دهنده تاثیرات تکنولوژی بر روند کاری و نابرابری‌های احتمالی است. این چالش با وزن نرمال‌سازی شده (۱۲۰۴/ ۰) نیاز به توجه به فناوری‌های منصفانه و عادلانه را بیان

می‌کند. چالش‌های "فقدان ارتباط بین‌رشته‌ای (Ch6) "و "موانع دسترسی (Ch7) "با میانگین هندسی و وزن‌های مشابه، به ترتیب در رتبه‌های ششم و هفتم قرار دارند. میانگین هندسی فازی (۵۷۶۷/ ۰–۷۵۴/ ۰–۰۳۵۳/ ۱) و وزن نرمال‌سازی شده (۰۹۴۵/ ۰) برای Ch6 و (۵۷۴۲/ ۰–۷۵۴۲/ ۰–۰۲۰۸/ ۱) و (۰۹۳۷/ ۰) برای Ch7 نشان‌دهنده اهمیت پایین‌تر آن‌ها در مقایسه با چالش‌های دیگر است. اما همچنان توجه به این چالش‌ها برای افزایش کارایی ارتباطات و کاهش موانع دسترسی در محیط‌های متاورسی ضروری است. در نهایت، چالش "تمرکز کوتاه‌مدت (Ch8) "با میانگین هندسی (۷۹۱۶/ ۰–۰۵۶۵/ ۱–۱/۴۰۴۱) در رتبه هشتم قرار دارد. این چالش با وزن نرمال‌سازی شده (۱۲۹۶/ ۰) نشان‌دهنده تاثیر تمرکز کوتاه‌مدت بر تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های استراتژیک در محیط‌های کاری متاورس است که نیازمند تغییر جهت به سمت برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و پایداری است. این تحلیل نشان می‌دهد که هر یک از چالش‌ها به ترتیب اولویت‌های خود باید مورد توجه قرار گیرند تا محیط‌های کاری متاورسی موثرتر و پایدارتر باشند. همچنین اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۱/ ۰ باشد، به طور کلی نتایج مقایسات زوجی به عنوان قابل قبول در نظر گرفته می‌شوند. در این مطالعه، نرخ ناسازگاری ۰۹۱۲/ ۰ محاسبه شده است که کمتر از ۰/۱ است، بنابراین نشان‌دهنده این است که نتایج به دست آمده از اعتبار خوبی برخوردارند.

ج) بخش راهکارها و استراتژی‌ها

تحلیل استراتژی‌ها و راهکارهای پیاده‌سازی متاورس با استفاده از داده‌های (جدول۱۰) ارائه شده، به نتایج مهمی منجر شده است. هر راهکار براساس معیارهای فازی ارزیابی شده و در نهایت به ترتیب اهمیت رتبه‌بندی شده است. در صدر این رتبه‌بندی، راهکار S5یعنی "رسیدگی به تعصب‌های فناورانه" قرار دارد که بالاترین میانگین هندسی فازی و وزن فازی را به خود اختصاص داده است. این راهکار با توجه به اهمیت بالای رفع تبعیض‌ها و تعصب‌های مرتبط با فناوری‌های متاورس، نیاز به توجه ویژه دارد و می‌تواند تاثیرات گسترده‌ای در بهبود شفافیت و عدالت در محیط‌های کاری مجازی داشته باشد. راهکار S3 یعنی "کنترل منابع به صورت غیرمتمرکز" نیز رتبه بالایی کسب کرده است. این راهکار بر لزوم عدم تمرکز منابع و توزیع عادلانه آن‌ها میان کاربران و ذینفعان مختلف تأکید دارد. اجرای این راهکار می‌تواند باعث افزایش شفافیت و کاهش نابرابری در دسترسی به منابع متاورس شود. راهکار S12 یعنی "تحقیق و توسعه برای ابزارهای دسترسی‌پذیری" نیز در رتبه بالایی قرار دارد. این راهکار نشان‌دهنده اهمیت توسعه ابزارهای فناوری برای بهبود دسترسی‌پذیری در محیط‌های متاورس است که برای کاربران با نیازهای خاص اهمیت ویژه‌ای دارد.

جدول شماره(۱۰). نتایج فازی بخش راهکارها و استراتژی‌ها

	میانگین هندسی فازی هر ردیف			اوزان فازی		BNP	وزن نرمال نهایی
S1	۰/ ۸۰۲۵	۱/ ۰۸	۱/ ۴۴۳	۰/ ۰۴۹	۰/ ۰۸۸۷	۰/ ۱۵۹۹	۰/ ۰۹۹	۰/ ۰۸۸۵
S2	۰/ ۷۲۲۲	۰/ ۹۶۱۸	۱/ ۲۷۰۲	۰/ ۰۴۴۱	۰/ ۰۷۹	۰/ ۱۴۰۷	۰/ ۰۸۸	۰/ ۰۷۸۴
S3	۰/ ۹۰۵۵	۱/ ۲۴۵۸	۱/ ۶۵۶۸	۰/ ۰۵۵۳	۰/ ۱۰۲۴	۰/ ۱۸۳۵	۰/ ۱۱۴	۰/ ۱۰۱۴
S4	۰/ ۷۷۲	۱/ ۰۳۹۲	۱/ ۳۸۵۲	۰/ ۰۴۷۲	۰/ ۰۸۵۴	۰/ ۱۵۳۵	۰/ ۰۹۵	۰/ ۰۸۵
S5	۱/ ۰۴۴	۱/ ۴۱۷	۱/ ۸۷۹۵	۰/ ۰۶۳۸	۰/ ۱۱۶۴	۰/ ۲۰۸۲	۰/ ۱۲۹	۰/ ۱۱۵۵
S6	۰/ ۶۳۸۹	۰/ ۸۴۷۸	۱/ ۱۵۲۲	۰/ ۰۳۹	۰/ ۰۶۹۷	۰/ ۱۲۷۶	۰/ ۰۷۹	۰/ ۰۷۰۲
S7	۰/ ۶۳۲۹	۰/ ۸۴۶۸	۱/ ۱۵۷	۰/ ۰۳۸۷	۰/ ۰۶۹۶	۰/ ۱۲۸۲	۰/ ۰۷۹	۰/ ۰۷۰۳
S8	۰/ ۷۱۵	۰/ ۹۶۲۹	۱/ ۲۹۱۵	۰/ ۰۴۳۷	۰/ ۰۷۹۱	۰/ ۱۴۳۱	۰/ ۰۸۹	۰/ ۰۷۹
S9	۰/ ۷۳۰۴	۰/ ۹۸۰۷	۱/ ۲۹۹۴	۰/ ۰۴۴۶	۰/ ۰۸۰۶	۰/ ۱۴۳۹	۰/ ۰۹	۰/ ۰۸
S10	۰/ ۶۵۴	۰/ ۸۸۶۲	۱/ ۲۲۴۵	۰/ ۰۴	۰/ ۰۷۲۸	۰/ ۱۳۵۷	۰/ ۰۸۳	۰/ ۰۷۳۸
S11	۰/ ۵۸۴۱	۰/ ۷۷۳۳	۱/ ۰۶۵۱	۰/ ۰۳۵۷	۰/ ۰۶۳۵	۰/ ۱۱۸	۰/ ۰۷۲	۰/ ۰۶۴۶
S12	۰/ ۸۲۵۱	۱/ ۱۲۹۵	۱/ ۵۳۹۹	۰/ ۰۵۰۴	۰/ ۰۹۲۸	۰/ ۱۷۰۶	۰/ ۱۰۵	۰/ ۰۹۳۳

راهکار S1 یعنی "چارچوب طراحی فراگیر" نیز جایگاه مهمی دارد و بر ضرورت طراحی محیط‌های متاورس به گونه‌ای تأکید دارد که تمامی کاربران، بدون توجه به پیشینه و توانایی‌های فردی، بتوانند به طور برابر از آن بهره‌مند شوند. راهکار S4 یعنی

"سیاست‌های پایداری محیط‌زیست" با تأکید بر ضرورت حفظ محیط‌زیست در توسعه فناوری‌های متاورس نیز در رتبه‌های بالا قرار دارد. این سیاست‌ها می‌توانند به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی این فناوری‌ها کمک کنند. راهکارهای S2 "تصمیم‌گیری مشارکتی"، S8"ارزیابی تأثیرات اجتماعی بلندمدت"، و S9"مکانیزم‌های بازخورد مداوم" به طور نسبی در رده‌های میانی قرار دارند و هرکدام به جنبه‌های مهمی از توسعه و اجرای متاورس، از جمله مشارکت کاربران و ارزیابی مداوم تأثیرات، می‌پردازند. در نهایت، راهکارهای S6 "رویکرد بین‌رشته‌ای"، S7"ویژگی‌های دسترسی‌پذیری"، S10"نظارت و راهنمایی‌های اخلاقی"، و S11"برنامه‌های توانمندسازی کارکنان" با توجه به اهمیت‌های خاص خود در زمینه‌های مختلف، رتبه‌های پایین‌تری را به خود اختصاص داده‌اند، اما همچنان بخش‌های مهمی از راهبردهای کلی برای پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز متاورس محسوب می‌شوند. این تحلیل نشان می‌دهد که برای پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز متاورس، لازم است به چالش‌های کلیدی توجه شده و راهکارهای پیشنهادی به درستی و با دقت اجرا شوند تا محیطی عادلانه، پایدار و قابل دسترس برای همه کاربران فراهم شود. نرخ ناسازگاری در بخش راهکارها و استراتژی‌ها برابر با ۰/۰۷۳۵ است که نشان‌دهنده سطح قابل قبولی از سازگاری در مقایسه زوجی ماتریس‌ها است. به طور کلی، در تحلیل فازی و تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ نشان‌دهنده ثبات و سازگاری مناسب در نظرات و ارزیابی‌های متخصصان است. نرخ ناسازگاری پایین‌تر از ۰/۱ به این معناست که ارزیابی‌ها به طور منطقی و سازگار با یکدیگر انجام شده‌اند و تناقضات کمی میان مقایسه‌ها وجود دارد. نرخ ۰/۰۷۳۵ نیز نشان می‌دهد که نتایج به دست آمده از دقت و اعتبار خوبی برخوردارند.

د) نتایج مدیریتی

در راستای پیاده‌سازی دورکاری بر بستر متاورس، چندین پیشنهاد مدیریتی می‌تواند به بهبود وضعیت فعلی و رفع چالش‌های موجود کمک کند. اولین پیشنهاد مدیریتی، ایجاد چارچوب‌های تصمیم‌گیری مشارکتی است. شرکت‌ها و سازمان‌ها باید تلاش کنند تا فرآیندهای تصمیم‌گیری را از حالت متمرکز خارج کرده و به سمت رویکردهای دموکراتیک‌تر و مشارکتی‌تر حرکت کنند. به‌عنوان مثال، سازمان‌ها می‌توانند با استفاده از نظرسنجی‌های منظم از کارکنان و افراد ذی‌نفع، نیازها و نگرانی‌های آنها را در نظر گرفته و در تصمیم‌گیری‌ها لحاظ کنند. این امر به افزایش رضایت کارکنان و تقویت عدالت سازمانی کمک می‌کند. دومین پیشنهاد مدیریتی تمرکز بر ایجاد سیاست‌های پایدار است که در طراحی و پیاده‌سازی متاورس لحاظ شوند. استفاده از فناوری‌های سبز و کاهش مصرف انرژی باید به‌عنوان یکی از اولویت‌های سازمان‌ها در توسعه متاورس باشد. با توجه به اثرات منفی زیست‌محیطی ناشی از زیرساخت‌های داده‌ای بزرگ، سازمان‌ها باید با تدوین سیاست‌های پایدار و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی متاورس کمک کنند. متاورس پتانسیل قابل‌توجهی در افزایش بهره‌وری و کارایی سازمان‌ها دارد، اما این امر نباید به قیمت نادیده‌گرفتن نیازهای اجتماعی و اخلاقی تمام شود. به همین منظور، توسعه سیستم‌هایی که به‌طور مؤثر به رفع تبعیض و تضمین دسترسی برابر به امکانات متاورس کمک کنند، امری ضروری است. همچنین، نیاز به پژوهش‌های مستمر برای ارزیابی تأثیرات اجتماعی طولانی‌مدت متاورس بر کارکنان و جوامع وجود دارد. سازمان‌ها باید مکانیسم‌هایی برای ارزیابی دوره‌ای این تأثیرات ایجاد کنند تا بتوانند مشکلات را در مراحل اولیه شناسایی کرده و اصلاحات لازم را انجام دهند. این ارزیابی‌ها باید شامل عوامل مختلفی مانند سلامت روانی، اجتماعی، و اقتصادی کارکنان باشد تا از پایداری و موفقیت بلندمدت متاورس در محیط کار اطمینان حاصل شود. در نهایت، از مدیران انتظار می‌رود به اثرات بلندمدت و ساختاری متاورس نیز بپردازند. این شامل ایجاد راهکارهایی برای تضمین دسترسی به منابع برای نهادهای کوچک‌تر و اطمینان از عدالت در توزیع فرصت‌ها و کنترل منابع می‌شود.

ه) نتیجه‌گیری

چالش‌های فراوانی در زمینه‌ی طراحی و پیاده‌سازی پلتفرم‌های کاری بر بستر متاورس وجود دارد که می‌توان به مسائل مربوط به دسترسی عادلانه، پایداری زیست‌محیطی، و مشارکت کم گروه‌های حاشیه‌نشین در فرآیندهای تصمیم‌گیری اشاره کرد. این چالش‌ها، نیاز مبرمی به تحقیقاتی جامع و دقیق دارند تا بتوانند راهکارهای عملی و اجرایی برای رفع این مشکلات ارائه دهند. پژوهش ما با هدف پرداختن به این نیاز انجام شده و سعی داشته تا با بررسی دقیق چالش‌های موجود در دورکاری بر بستر متاورس، راهکارهایی عملی و مؤثر ارائه دهد. در این تحقیق، با بهره‌گیری از چارچوب‌های تحلیلی تحقیق در عملیات انتقادی و

نرم و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، چالش‌های کلیدی موجود در متاورس شناسایی و تحلیل شد. ما با استفاده از ادراک انتقادی سیستم و AHP فازی، به بررسی شکاف‌های موجود در طراحی و پیاده‌سازی پلتفرم‌های کاری در متاورس پرداختیم. علاوه بر این، راهکارهای استراتژیک و پیشنهاداتی برای بهبود عدالت و پایداری در این سیستم‌ها ارائه شد. این تحقیق سعی کرد تا ابعاد مختلف این فناوری نوین را در ارتباط با دورکاری بررسی کرده و به مدیران و توسعه‌دهندگان کمک کند تا تصمیمات بهتری اتخاذ کنند. از مهم‌ترین نتایج این تحقیق، شناسایی چالش‌هایی همچون نبود عدالت در دسترسی به منابع، تأثیرات زیست‌محیطی نادیده‌گرفته‌شده، و نبود همگرایی بین حوزه‌های فنی و اجتماعی در طراحی پلتفرم‌های متاورس است. همچنین، راهکارهایی مانند ایجاد چارچوب‌های تصمیم‌گیری مشارکتی، توسعه‌ی فناوری‌های سبز، و ایجاد سیستم‌های بازخورد مستمر از جمله پیشنهادات مطرح‌شده برای بهبود وضعیت فعلی بودند. این نتایج نشان می‌دهد که متاورس می‌تواند به‌عنوان یک پلتفرم نوآورانه برای دورکاری مفید باشد، اما نیازمند مدیریت و پیاده‌سازی دقیق است تا بتواند به اهداف بلندمدت پایداری و عدالت دست یابد. پژوهش حاضر با مرور پژوهش‌های قبلی، شکاف‌های کلیدی آن‌ها را شناسایی کرده. برخلاف مطالعاتی همچون آتاک و اوزکوچ (۲۰۲۳) و چوی (۲۰۲۲)، این تحقیق به‌طور جامع چالش‌های اجتماعی، زیست‌محیطی، عدالت اجتماعی و شمولیت را تحلیل کرده است. همچنین، در مقایسه با وانگ و همکاران (۲۰۲۱) و ژائو و همکاران (۲۰۲۲)، رویکرد انتقادی و سیستماتیک در کنار استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند AHP فازی، ارزش‌افزوده‌ای به پژوهش حاضر داده است. این تفاوت‌ها نشان‌دهنده نوآوری و جامعیت پژوهش در تحلیل و ارائه راهکارهای اجرایی برای دورکاری در بستر متاورس است. اما از محدودیت‌های اصلی این پژوهش، محدودیت در دسترسی به داده‌های میدانی گسترده بود؛ به‌طوری‌که بسیاری از شرکت‌ها و سازمان‌ها هنوز به‌صورت کامل از پلتفرم‌های متاورس استفاده نمی‌کنند و امکان مشاهده‌ی تأثیرات بلندمدت این فناوری بر شیوه‌های کاری محدود بود. علاوه بر این، تعداد نمونه‌های مورد بررسی در حوزه‌ی تصمیم‌گیری‌های مرتبط با متاورس نسبتاً محدود بود و می‌توان با گسترش نمونه‌ها، به نتایج جامع‌تر و دقیق‌تری دست یافت. در راستای پژوهش‌های آینده، پیشنهاد می‌شود که محققان به بررسی تجربیات بیشتر کاربران و شرکت‌هایی که به‌صورت فعال از پلتفرم‌های متاورس استفاده می‌کنند، بپردازند. بررسی تأثیرات بلندمدت این پلتفرم‌ها بر سلامت روانی و اجتماعی کارکنان، و همچنین ارزیابی دقیق‌تر تأثیرات زیست‌محیطی ناشی از استفاده از متاورس، می‌تواند به بهبود درک ما از این فناوری کمک کند. همچنین، تحقیقاتی که به بررسی مداخلات سیاستی و چگونگی تأثیرگذاری قوانین و مقررات بر توسعه‌ی متاورس بپردازند، می‌توانند دیدگاه‌های جدیدی را برای بهبود وضعیت فعلی و آینده این پلتفرم فراهم کنند. همچنین استفاده از روش‌های عدد خاکستری به دلیل توانایی آن‌ها در تحلیل سیستم‌های پیچیده و داده‌های ناقص یا نامطمئن، می‌تواند ارزشمند باشد. روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، به‌ویژه یادگیری عمیق و الگوریتم‌های بهینه‌سازی، نیز به منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی رفتار کاربران و بهینه‌سازی عملکرد سیستم‌های متاورسی پیشنهاد می‌شوند. این رویکردها نه تنها می‌توانند باعث ارتقای دقت و کارایی شوند، بلکه زمینه‌های جدیدی برای مشارکت چندرشته‌ای و بین‌المللی در حل مسائل مرتبط با متاورس ایجاد خواهند کرد.

٤- منابع

Atak, M. C., & Özkoç, E. E. (2023). The impact of metaverse on work life: A Delphi study. *Journal of Metaverse*, *3*(2), 144-151. https://doi.org/10.57019/jmv.1297129

Azar, A., Khosrawani, F., & Jalali, R. (2016). *Soft operations research (Problem structuring methods)* (Vol. 0). Industrial Management Institute Publications. https://doi.org/10.1007/1-4020-0611-x_806

Ball, M. (2022). *The metaverse: And how it will revolutionize everything*. Liveright Publishing. http://dx.doi.org/10.33115/udg_bib/cp.v11i22854/23

Bennett, D. (2022). Remote workforce, virtual team tasks, and employee engagement tools in a real-time interoperable decentralized metaverse. *Psychosociological Issues in Human Resource Management*, *10*(1), 78-91. https://doi.org/10.22381/pihrm10120226

Carter, D. (2022). Immersive employee experiences in the metaverse: Virtual work environments, augmented analytics tools, and sensory and tracking technologies. *Psychosociological Issues in Human Resource Management, 10*(1), 35-49. https://doi.org/10.22381/pihrm10120223

Chen, Z. (2024). Metaverse office: Exploring future teleworking model. *Kybernetes, 53*(6), 2029-2045. https://doi.org/10.1108/k-10-2022-1432

Choi, H. Y. (2022). Working in the metaverse: Does telework in a metaverse office have the potential to reduce population pressure in megacities? Evidence from young adults in Seoul, South Korea. *Sustainability, 14*(6), 3629. https://doi.org/10.3390/su14063629

Dehghan Nayeri, M., Khazaei, M., & Alinasab-Imani, F. (2020). The critical heuristics of Iranian banking credit system: Analysis of the antithetical opinions of the beneficiaries. *Systemic Practice and Action Research, 33*, 363-392. https://doi.org/10.1007/s11213-020-09524-x

Dehghan Niri, M., Khezravi, M., & Alinasab Eimani, F. (2018). Critical systems heuristics (CSH) for addressing conflicting stakeholder perspectives in Iran's performance-based budgeting system. *Industrial Management, 10*(3), 429-454. https://doi.org/10.22059/imj.254206 [In Persian]

Durana, P., Krulicky, T., & Taylor, E. (2022). Working in the metaverse: Virtual recruitment, cognitive analytics management, and immersive visualization systems. *Psychosociological Issues in Human Resource Management, 10*(1), 135-148. https://doi.org/10.22381/pihrm101202210

Egbengwu, V., Garn, W., & Turner, C. J. (2025). Metaverse for manufacturing: Leveraging extended reality technology for human-centric production systems. *Sustainability, 17*(1), 280. https://doi.org/10.3390/su17010280

Flood, R. L., & Jackson, M. C. (1991a). Critical systems heuristics: Application of an emancipatory approach for police strategy toward the carrying of offensive weapons. *Systemic Practice and Action Research, 4*(4), 283-302. https://doi.org/10.1007/bf01062006

Flood, R. L., & Jackson, M. C. (1991b). Total systems intervention: A practical face to critical systems thinking. *Systemic Practice and Action Research, 4*(3), 197-213. https://doi.org/10.1007/bf01059565

Foukolaei, P. Z., Asari, F. A., Khazaei, M., Gholian-Jouybari, F., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2024). From responsible sourcing of wastes to sustainable energy consumption in the blue hydrogen supply chain: Case of nearshoring in Nuevo Leon. *International Journal of Hydrogen Energy, 77*, 1387-1400. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.06.2024.079

George, A. H., Fernando, M., George, A. S., Baskar, T., & Pandey, D. (2021). Metaverse: The next stage of human culture and the internet. *International Journal of Advanced Research Trends in Engineering and Technology (IJARTET), 8*(12), 1-10. https://doi.org/10.48175/ijarsct-1888

Ghaedi, M., Foukolaei, P. Z., Asari, F. A., Khazaei, M., Gholian-Jouybari, F., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2024). Pricing electricity from blue hydrogen to mitigate the energy rebound effect: A case study in agriculture and livestock. *International Journal of Hydrogen Energy, 84*, 993-1003. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.08.2024.241

Hancock, K. (2022). Virtual team performance, collaborative remote work, and employee engagement and multimodal behavioral analytics in the metaverse economy. *Psychosociological Issues in Human Resource Management, 10*(2), 55-70. https://doi.org/10.22381/pihrm10220224

Hosseinzadeh, M., Mehrgan, M. R., & Amiri, M. (2016). A study of the methodological foundations of operations research in the structure of categorical syllogisms. *Industrial Management, 8*(4), 575-600. https://doi.org/10.22059/imj.50691 [In Persian]

Karlsson, L., & Shamoun, M. (2022). Virtual realities for remote working: Exploring employees' attitudes toward the use of the metaverse for remote working. *In Advances in Human Factors and Ergonomics* (pp. 1-12). https://doi.org/10.4324/9781003247050-5

Khazaei, M., Hajiaghaei-Keshteli, M., Rajabzadeh Ghatari, A., Ramezani, M., Fooladvand, A., & Azar, A. (2023). A multi-criteria supplier evaluation and selection model without reducing the level of optimality. *Soft Computing, 27*(22), 17175-17188. https://doi.org/10.1007/s00500-023-08954-8

Khazaei, M., Ramezani, M., Padash, A., & DeTombe, D. (2021). Creating shared value to redesign IT-service products using SYRCS; diagnosing and tackling complex problems. *Information Systems and e-Business Management, 19*(3), 957-992. https://doi.org/10.1007/s10257-021-00525-4

Khazaei, M., Ramezani, M., Padash, A., & DeTombe, D. (2021, June). The quantification role of BWM in problem structuring methods: SYRCS methodology. In *International Workshop on Best-Worst Method* (pp. 252-271). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89795-6_18

Kral, P., Janoskova, K., & Dawson, A. (2022). Virtual skill acquisition, remote working tools, and employee engagement and retention on blockchain-based metaverse platforms. *Psychosociological Issues in Human Resource Management, 10*(1), 92-105. https://doi.org/10.22381/pihrm10120227

Lau, K. W. (2022). Rethinking the knowledge transfer process through the use of the metaverse: A qualitative study of organizational learning approach for remote workplace. *Presence: Virtual and Augmented Reality, 31*, 229-244. https://doi.org/10.1162/pres_a_00395

Lee, L.-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., ... & Hui, P. (2021). All one needs to know about the metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *arXiv*. https://doi.org/10.1109/icdcsw2022/56584.00053

Longgang, G., Zihan, Y., & Kunyu, L. (2024). The intention of employee relocation from urban to rural areas in China: The practices of telework within metaverse implementation. *Journal of Digitainability, Realism & Mastery (DREAM), 3*(03), 27-37. https://doi.org/10.56982/dream.v3i219.03

Lyons, N. (2022). Talent acquisition and management, immersive work environments, and machine vision algorithms in the virtual economy of the metaverse. *Psychosociological Issues in Human Resource Management, 10*(1), 121-134. https://doi.org/10.22381/pihrm10120229

Mahindru, R., Bapat, G., Bhoyar, P., Abishek, G. D., Kumar, A., & Vaz, S. (2024). Redefining workspaces: Young entrepreneurs thriving in the metaverse's remote realm. *Engineering Proceedings, 59*(1), 209. https://doi.org/10.3390/engproc2023059209

Michalikova, K. F., Suler, P., & Robinson, R. (2022). Virtual hiring and training processes in the metaverse: Remote work apps, sensory algorithmic devices, and decision intelligence and modeling. *Psychosociological Issues in Human Resource Management, 10*(1), 50-63. https://doi.org/10.22381/pihrm10120224

Mirhosseini, S. S., Ramezani, M., Khazaei, M., & Azar, A. (2021). Exploring and analyzing the risks and challenges of implementing ERP systems: Critical system thinking. *International Journal of Information Systems and Change Management, 12*(3), 234-258. https://doi.org/10.1504/ijiscm.2021.120325

Morley, N. (2022). Employee engagement data and performance parameters, algorithmic tracking and remote workplace technologies, and interoperable virtual networks in the decentralized and interconnected metaverse. *Psychosociological Issues in Human Resource Management, 10*(2), 135-150. https://doi.org/10.22381/pihrm10220229

Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia, 2*(1), 486-497. https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031

Nayeri, M. D., Khazaei, M., & Abdolahbeigi, D. (2022). The drivers of success in new-service development: Rough set theory approach. *International Journal of Services and Operations Management, 43*(4), 421-439. https://doi.org/10.1504/ijsom.2022.127465

Paetow, T., Wichmann, J., Leyer, M., & Schmolke, M. (2025). Towards the future of work in immersive environments and its impact on the quality of working life: A scoping review. *i-com*. https://doi.org/10.1515/icom-2024-0019

Park, H., Ahn, D., & Lee, J. (2022). Towards a metaverse workspace: Opportunities, challenges, and design implications. In *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-13). https://doi.org/10.1145/3517558.3491102

Park, H., Ahn, D., & Lee, J. (2023, April). Towards a metaverse workspace: Opportunities, challenges, and design implications. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-20). https://doi.org/10.1145/3581306.3544548

Park, H., Ahn, D., & Lee, J. (2024, May). Lessons from working in the metaverse: Challenges, choices, and implications from a case study. In *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-16). https://doi.org/10.1145/3641972.3613904

Popescu, G. H., Ciurlău, C. F., Stan, C. I., Băcănoiu, C., & Tănase, A. (2022). Virtual workplaces in the metaverse: Immersive remote collaboration tools, behavioral predictive analytics, and extended reality technologies. *Psychosociological Issues in Human Resource Management,

Ramezani, M., Azar, A., & Khazaei, M. (2021, June). Gap analysis through a hybrid method: Critical systems heuristics and best worst method. In *International workshop on best-worst method* (pp. 272-286). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89795-6_19

Ramezani, M., Khazaei, M., Gholian-Jouybari, F., Sandoval-Correa, A., Bonakdari, H., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2024). Turquoise hydrogen and waste optimization: A bi-objective closed-loop and sustainable supply chain model for a case in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 195*, 114329. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114329

Renugadevi, R., Kalaivani, C. T., Arul Edwin Raj, A., & Gracewell, J. (2023). Dynamic edge clustering and task scheduling for edge-assisted metaverse systems in the field of remote work and collaboration. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, e8139. https://doi.org/10.1002/cpe.8139

Rosenhead, J. (2006). Past, present and future of problem structuring methods. *Journal of the Operational Research Society, 57*(7), 759-765. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602206

Šímová, T., Zychová, K., & Fejfarová, M. (2024). Metaverse in the virtual workplace. *Vision, 28*(1), 19-34. https://doi.org/10.1177/09722629231168690

Taghi, A., Sohrabi, A., Ghaedi, M., & Khazaei, M. (2023). A robust vaccine supply chain model in pandemics: Case of COVID-19 in Iran. *Computers & Industrial Engineering, 183*, 109465. https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109465

Taghipour, A., Fooladvand, A., Khazaei, M., & Ramezani, M. (2023). Criteria clustering and supplier segmentation based on sustainable shared value using BWM and PROMETHEE. *Sustainability, 15*(11), 8670. https://doi.org/10.3390/su15118670

Taghipour, A., Padash, A., Etemadi, V., Khazaei, M., & Ebrahimi, S. (2024). Sustainable and circular hotels and the water–food–energy nexus: Integration of agrivoltaics, hydropower, solar cells, water reservoirs, and green roofs. *Sustainability, 16*(5), 1985. https://doi.org/10.3390/su16051985

Taghipur, A., Foukolaei, P. Z., Ghaedi, M., & Khazaei, M. (2023). Sustainable multi-objective models for waste-to-energy and waste separation site selection. *Sustainability, 15*(22), 15764. https://doi.org/10.3390/su152215764

Ulrich, W. (1998). Systems thinking as if people mattered: Critical systems thinking for citizens and managers. University of Lincolnshire and Humberside, Lincoln School of Management. https://doi.org/10.1007/978-0-585-34651-9_9

Ulrich, W. (2003). Beyond methodology choice: Critical systems thinking as critically systemic discourse. *Journal of the Operational Research Society, 54*(4), 325-342. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601518

Ulrich, W. (2005). A brief introduction to critical systems heuristics (CSH). ECOSENSUS project site. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-809-4_6

Wang, H., Ning, H., Lin, Y., et al. (2021). A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges. *IEEE Access, 10*, 4209–4251. https://doi.org/10.1109/ACCESS.3140175

Wang, H., Ning, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., ... & Daneshmand, M. (2023). A survey on the metaverse: The state-of-the-art, technologies, applications, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal, 10*(16), 14671-14688. https://doi.org/10.1109/JIOT.3278329

Yamijala, S. M., Nimbrain, N., & Bansal, R. (2025). Enhancing remote workspaces: The role of virtual reality in shaping the virtual work environment. In *Optimizing Virtual Reality and Metaverse for Remote Work and Virtual Team Collaboration* (pp. 171-190). https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6839-8.ch009

Zhao, Y., Jiang, J., Chen, Y., et al. (2022). Discuss graphical and visualization frameworks for the metaverse: Propose a framework based on graphics, interaction, and visualization. *Journal of Metaverse, 10*, 145-159. https://doi.org/10.1016/j.visinf.2022.002

Zhao, Y., Jiang, J., Chen, Y., Liu, R., Yang, Y., Xue, X., & Chen, S. (2022). Metaverse: Perspectives from graphics, interactions, and visualization. *Visual Informatics, 6*(1), 56-67. https://doi.org/10.1016/j.visinf.2022.002

Analyzing Challenges and Opportunities of Remote Work in the Metaverse: Systems Approach and Multi-Criteria Decision-Making

Maryam Parandvar Foumani
PhD Candidate in Industrial Management, Department of Industrial Management, Faculty of Department of Industrial Management, Science and Research Branch**,** Islamic Azad University, Tehran, Iran
Reza Radfar (Corresponding Author)
Professor, Department of Industrial Management, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
E-mail: r.radfar@srbiau.ac.ir
Abbas Tolouie Ashlaghi
Professor, Department of Industrial Management, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

With the expansion of technologies and digital transformations, the metaverse has emerged as a novel platform for remote work. However, challenges such as lack of inclusivity, centralized control of resources, environmental concerns, and limited access to advanced technologies pose significant barriers to the widespread adoption of this work model. This study examines metaverse-based remote work models and analyzes the challenges, opportunities, and practical strategies in this domain. The research employs Critical Systems Heuristics (CSH) and Fuzzy AHP methodologies to systematically analyze issues related to the development and implementation of metaverse work platforms. CSH aids in identifying and evaluating assumptions, values, and power imbalances in system design, while Fuzzy AHP facilitates multi-criteria decision-making based on diverse stakeholder perspectives. The findings of this research indicate that by designing inclusive models, fostering interdisciplinary collaboration, and adopting sustainable approaches, many existing challenges can be addressed, paving the way for a successful and efficient metaverse platform for remote work. The primary innovation of this study lies in providing an integrated approach to analyze and manage metaverse challenges, combining CSH and Fuzzy AHP methods, and offering actionable solutions for optimal utilization of this technology in the field of remote work. This research contributes to a deeper understanding of how to overcome metaverse obstacles and provides a foundation for future decision-making in this area.

Keywords: Critical system perception, critical operations research, multi-criteria decision making, teleworking, metaverse.