

شناسایی موانع و پیشران‌های پذیرش فناوری واقعیت مجازی به منظور ایجاد سامانه فرماندهی و کنترل مجازی: مطالعه موردی یک سازمان نظامی

رضا خان احمدلو^۱، سجاد ذوقی^{۲*}

تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۲۱

چکیده

سازمان‌های نظامی در سراسر دنیا از فناوری واقعیت مجازی در جهت استقرار سیستم فرماندهی و کنترل مجازی استفاده می‌کنند. اما این سازمان‌ها در مسیر پذیرش این فناوری با چالش‌ها و مشکلاتی نیز مواجه می‌شوند. این مطالعه به دنبال شناخت این چالش‌ها و همچنین پیشران‌های پذیرش این فناوری در جهت توسعه سامانه فرماندهی-کنترل مجازی در سازمان مورد مطالعه است. با توجه به این هدف، در ابتدا با استفاده از بررسی ادبیات فنی حوزه فناوری واقعیت مجازی و همچنین حوزه پذیرش فناوری، موانع پذیرش این فناوری شناسایی شده و سپس لیست موانع و پیشران‌های مستخرج از ادبیات حوزه در اختیار نمونه‌ای ۸ نفر از خبرگان سازمان قرارداد شده. سپس با انجام ۳ مرحله روش دلفی و حصول اجماع این موانع و پیشران‌ها در سازمان مورد مطالعه مشخص و دسته بندی شدند. روایی ابزار جمع آوری داده‌ها با استفاده از سنجش روایی صوری و محتوی حاصل شده است. میزان حصول اجماع نیز در هر مرحله از طریق آماره کندال W مورد بررسی قرار گرفت. با عنایت به نتایج حاصل شده از مطالعه دلفی مشخص شد که امنیت اطلاعات کاربر، امنیت اطلاعات نرم‌افزار، نبود قوانین و مقررات در کنار ایمنی بیشتر نیروها، افزایش کیفی تمرینات و امکان استفاده از هوش مصنوعی از جمله موانع و پیشران‌های پذیرش این فناوری در سازمان مورد مطالعه است. درون‌زایی و سرمایه‌گذاری در جهت عدم وابستگی به خارج از کشور در تولید قطعات لازم برای واقعیت مجازی و همچنین تعیین چارچوب قانونی لازم می‌تواند به پذیرش این سامانه در سازمان مورد مطالعه کمک شایانی کند.

واژگان کلیدی: واقعیت مجازی، پذیرش فناوری، فرماندهی-کنترل، دلفی

^۱ دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشگاه تهران rezakhanahmadloo@gmail.com

^۲ کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه شهید بهشتی Sajadzoghi@yahoo.com (نویسنده مسئول)

۱. کلیات

۱,۱ مقدمه

امروزه بیش از هر زمان دیگری موفقیت در میدان نبرد به فرماندهی و کنترل مؤثر متکی است. اما پیچیدگی و عدم قطعیت فزاینده و رشد سریع فناوری‌های نوین امکان ایجاد آگاهی جامع محیطی را دشوار کرده است. [۱] [۲] این نکته به‌ویژه برای فرماندهان اهمیت می‌یابد چراکه میدان نبرد میدان عدم قطعیت‌ها است. وجود این پیچیدگی و عدم قطعیت باعث می‌شود که فرماندهان نیازمند تصمیم‌گیری درست در شرایط دشوار باشند. تجربه نشان داده است که این مهم از طریق آموزش امکان‌پذیر است. [۲] از طرفی نیروی انسانی توانا و مبتکر می‌تواند سرنوشت نبردها را تغییر دهند و موجب برتری و موفقیت در مقابل دشمن شوند. [۳]

از طرف دیگر، در سال‌های اخیر استفاده از شبیه‌سازی‌های مبتنی بر واقعیت مجازی^۲ از حوزه تفریحات و سرگرمی به حوزه‌های عملیاتی و کاربردی کشیده شده و این فناوری از یک فناوری صرفاً تبلیغاتی و نمادین به یک فناوری سودمند و مؤثر تبدیل شده است. این فناوری در حوزه‌های مختلفی از جمله تفریحات و سرگرمی، گردشگری، درمان مشکلات ذهنی و همچنین آموزش و یادگیری کاربردهای متعددی دارد [۴] به همین دلیل نیز سازمان‌های نظامی در سراسر دنیا به سمت استفاده از شبیه‌سازهای واقعیت مجازی در حوزه‌های مختلفی از جمله شبیه‌سازی نبردهای مختلف برای فرماندهان و همچنین پیاده‌سازی سیستم فرماندهی و کنترل مجازی روی آوردند. تا افراد بتوانند درگیری‌ها و سناریوهای احتمالی نظامی را در محیط واقعیت مجازی تجربه کنند. [۱]

در آمریکا، نیروی هوایی با هدف توسعه مهارت‌های نیروی‌های خود سامانه فرماندهی-کنترل مجازی را با سرمایه-گذاری بالغ بر ۱,۷ میلیون دلار راه‌اندازی کرده است. پروژه‌ای که در تاریخ هفده ماه می سال ۲۰۲۱ میلادی به بهره‌برداری رسید و هدف آن توسعه مهارت‌های نسل جدید نیروها در مواجهه با میدان‌های نبرد نوین و معاصر است. علاوه بر این، ارتش هلند نیز پس از انجام مطالعات گسترده که به مدت ۴ سال به طول انجامید پروژه‌ای را تحت عنوان نت‌فورس^۳ راه-اندازی کرد که سامانه فرماندهی مجازی و کاملاً مبتنی بر تعامل افراد و انتشار محتوی ۳ بعدی نظامی بود. این سامانه برای افراد امکان ارزیابی موقعیت‌های مختلف را به صورت تعاملی و آسان فراهم می‌کرد. [۳]

بنابراین، در مواجهه با پیچیدگی و عدم قطعیت فزاینده و همچنین سرعت بالای تکامل و تحول فناوری ایجاد سیستمی که بتوان از طریق آن فرماندهان میدان نبرد را در محیطی شبیه‌سازی شده و میدان نبرد مجازی قرارداد تا بتوانند از طریق آن طیف وسیعی از موقعیت‌های احتمالی درگیری را تجربه کرده و به کمک آن سناریوهای شبیه‌سازی شده مختلفی را تجربه کنند امری لازم و ضروری است.

اما پذیرش فناوری واقعیت مجازی یک فرایند تدریجی است و مسئله‌ای که در این رابطه وجود دارد این است که ممکن است در مسیر پذیرش این فناوری در سازمان‌ها، به‌مانند فناوری‌های نوین پیشین، مشکلاتی وجود داشته باشد که پذیرش و استقرار این فناوری را دشوار یا غیرممکن کند. مسائلی که در پیکره دانش مدیریت فناوری به نام موانع

^۲ Virtual Reality

^۳ NetForce

پذیرش^۴ شناخته می‌شوند و حذف آن‌ها پذیرش و استقرار فناوری در سازمان را تسهیل کرده و تسریع می‌بخشد. در کنار این عوامل، عوامل دیگری نیز هستند که به نام پیشران‌های پذیرش^۵ فناوری شناخته شده و ضمن توجیه پذیرش به استقرار هرچه سریع‌تر و گسترش فناوری در سازمان‌ها کمک شایانی می‌کنند. [۵] سازمان مورد مطالعه نیز به‌مانند بسیاری از سازمان‌ها در مسیر پذیرش این فناوری با موانعی روبرو است. از طرفی عوامل مثبتی نیز به‌عنوان نیروهای پیش‌برند در کار هستند که پذیرش این فناوری در حوزه فرماندهی و کنترل را در سازمان توجیه و تسهیل می‌نمایند. بنابراین مسئله‌ای که پژوهش فعلی به دنبال پرداختن به آن است شناخت هم‌زمان این موانع و پیشران‌ها در سازمان مورد مطالعه است تا از این طریق سازمان بتواند طرح و برنامه درست و دقیقی برای پذیرش سیستم فرماندهی-کنترل مجازی در گام بعد به دست آورد.

اهمیت پیاده‌سازی و استفاده از سامانه فرماندهی و کنترل مجازی به‌عنوان یک روش نوین تجربه شرایط نبرد از چند منظر قابل‌بررسی و ارزیابی است. موضوع اول افزایش کارایی افراد در میدان نبرد به دلیل تجربه قبلی برآمده از شبیه‌سازی است. در کنار آن امکان شبیه‌سازی طیف گسترده‌ای از سناریوها و اجرای چندباره آن‌ها در کنار افزایش دسترسی به شرایط نظامی که در دنیای حقیقی دستیابی به آن دشوار، پرهزینه و پر ریسک است، همه و همه ازجمله مزایایی است که پذیرش و استقرار این سامانه می‌تواند برای سازمان مورد مطالعه داشته باشد. [۶]

همچنین، اهمیت پذیرش فناوری واقعیت مجازی را می‌توان در گزارش‌ها و پیش‌بینی‌های سازمان‌های معتبر تحقیقاتی نیز مشاهده کرد. در این زمینه، در گزارشی که پایگاه استراتژیک دیفنس در سال ۲۰۱۵ منتشر کرد روندی ۱۰ ساله

را برای استفاده از فناوری واقعیت مجازی و شبیه‌سازی در صنعت دفاعی پیش‌بینی کرد. مطابق با این تحلیل طی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ حجم سرمایه‌گذاری بر روی شبیه‌سازی‌های نظامی در حوزه‌های مختلف ازجمله فرماندهی و کنترل از حدود ۸۰ میلیارد دلار به سمت ۹۰ میلیارد دلار حرکت خواهد کرد که این حجم عظیم سرمایه‌گذاری نشان از اهمیت این فناوری در سازمان‌های نظامی دنیا دارد. [۷]

در مطالعه محمدی و ابراهیمی [۸] با استفاده از تجمیع نظر ۹ نفر از خبرگان فناوری اطلاعات نظامی مهم‌ترین و کلیدی‌ترین فناوری‌های با کاربرد و قابلیت نظامی در سازمان‌های نظامی ایران تعیین شد. این مطالعه نشان داد که فناوری واقعیت مجازی از میان ۲۳ فناوری اطلاعاتی نوظهور یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین فناوری‌های نظامی با اولویت پیاده‌سازی است. در کنار این، مطالعه دهکردی و همکاران [۹] نیز با استفاده از نظر ۶۱ نفر از خبرگان فناوری نشان دادند که فناوری واقعیت مجازی در کنار فناوری‌های دیگر مانند تله مدیسین و مراقبت‌های بیمار محور جزو فناوری‌های با اولویت بالا در زمینه نوآوری مبتنی بر فناوری در سازمان‌های نظامی ایران هستند.

بنابراین و با عنایت به موارد مطرح‌شده، مطالعه پذیرش فناوری واقعیت مجازی از جنبه کاربردی که در راه‌اندازی سامانه فرماندهی و کنترل مجازی دارد، و هم از منظر همسویی با روند جهانی و هم از منظر اسناد بالادستی موضوعی مهم و نیازمند توجه است. هدف پژوهش فعلی آن است که از طریق شناخت موانع و پیشران‌های پذیرش فناوری واقعیت مجازی شرایط را برای استقرار و پیاده‌سازی سامانه فرماندهی و کنترل مجازی در سازمان مورد مطالعه فراهم کرده و پذیرش این

⁵ Adoption Driver

^۴ Adoption Barrier

فناوری را در آن سازمان تسهیل کند. اکنون با عنایت به اهداف مطرح شده سؤالات زیر برای پژوهش فعلی مطرح می‌شود:

۱. چه موانعی بر سر راه پذیرش سیستم فرماندهی کنترل مبتنی بر فناوری واقعیت مجازی در سازمان مورد مطالعه وجود دارد؟
۲. چه پیشران‌هایی پذیرش سیستم فرماندهی و کنترل مبتنی بر فناوری واقعیت مجازی در سازمان را تسهیل می‌کند؟

۱،۲ مروری بر پیشینه پژوهش

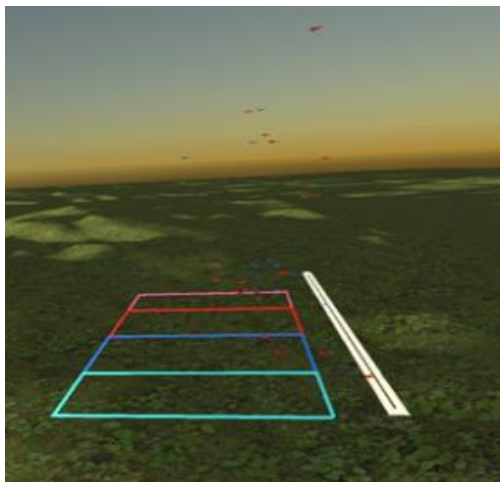
واقعیت مجازی و کاربرد آن در فرماندهی و کنترل

واقعیت مجازی سیستمی کامپیوتری است که محیطی شبیه‌سازی شده برای کاربر خلق می‌کند. این محیط دقیقاً مانند محیط واقعی به نظر رسیده و به همان شیوه نیز توسط کاربر ادراک می‌شود. برای آنکه تجربه استفاده از واقعیت مجازی کاملاً شبیه به واقعیت بوده و مغز کاربر کاملاً آن را به عنوان یک محیط حقیقی بپذیرد برنامه شبیه‌سازی حرکات کاربر را زیر نظر داشته و پایش می‌کند و تصویر نمایشگر را به گونه‌ای منطبق با حرکت کاربر تغییر می‌دهد که کاربر تجربه‌ای مانند دنیای واقعی و باورپذیر داشته باشد. بنابراین واقعیت مجازی ابزاری است که از طریق آن افراد می‌توانند به صورت فیزیکی با یک محیط شبیه‌سازی شده که از دنیای فیزیکی مجزا است تعامل کنند [۱۰] در واقع، واقعیت مجازی یک رسانه است، رسانه‌ای که از شبیه‌سازی‌های تعاملی رایانه‌ای ساخته شده و موقعیت بدنی و حرکات کاربر را تشخیص می‌دهد و متناسب با آن بازخوردهای مناسبی را به کاربر ارائه می‌کند تا او محیط شبیه‌سازی شده را کاملاً باور کند. [۱۱]

هدف فناوری واقعیت مجازی این است که یک فعالیت حرکتی و شناختی برای افراد در دنیایی مصنوعی و مجازی ایجاد کند. این دنیای مجازی می‌تواند شبیه‌سازی برخی

جنبه‌های دنیای واقعی بوده و یا کاملاً خیالی و نمادین باشد. [۱۱]

با توجه به خصوصیات و پتانسیل‌های فناوری واقعیت مجازی سازمان‌های نظامی در سراسر دنیا از این فناوری در جهت شبیه‌سازی عملیات نظامی و همچنین ایجاد سامانه‌های فرماندهی- کنترل مجازی استفاده می‌کنند به عنوان مثال هارینگ و همکاران [۱۲] در مطالعه خود سیستمی را برای فرماندهی و کنترل عملیات انجامی توسط چندین ربات طراحی کردند که هدف آن افزایش آگاهی محیطی در هر ۳ سطح آن و همچنین پایین نگه داشتن حجم کار اپراتور بود. سیستم معرفی شده توسط هارینگ توانست به یک اپراتور این امکان را بدهد که تجمع ۲۵۰ ربات را از طریق سامانه فرماندهی- کنترل مبتنی بر واقعیت مجازی کنترل کند.



شکل ۱ تصویری از محیط سیستم پیشنهادی توسط هارینگ و همکاران [۱۲]

از طرف دیگر آیلست و همکاران [۱۳] در مطالعه خود یک سامانه برنامه‌ریزی نظامی مشارکتی مبتنی بر واقعیت مجازی را توسعه داده و معرفی کرده است که از طریق آن افراد می‌توانستند از راه دور به سامانه مجازی متصل شده و با استفاده از یک انسان‌نما^۶ در سامانه حضور داشته و با دیگر افراد مشارکت کنند. در این سامانه افراد با توجه به نقشی که در

^۶ Avatar

نظامی را توسعه داده و معرفی کردند که در آن فرماندهان می‌توانستند با یکدیگر و همچنین با میدان نبرد مجازی تعامل



شکل ۲ مرکز فرماندهی کنترل مجازی پیاده سازی شده در دانشگاه برنول انگلستان [۱۴]

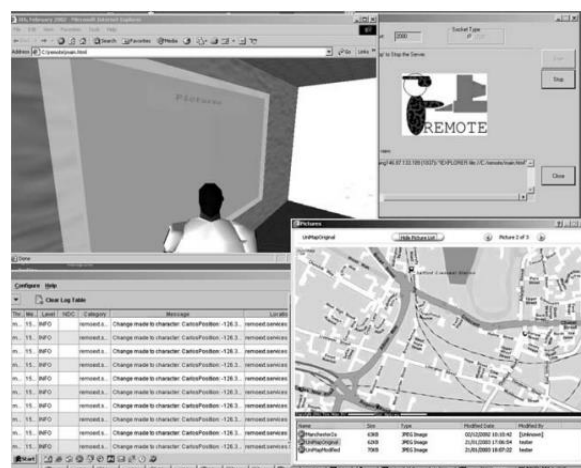
برقرار کرده و شرایط مختلف میدان نبرد را از طریق سامانه واقعیت مجازی تجربه کنند.

پذیرش فناوری واقعیت مجازی

مطالعات انجام شده پیشین در زمینه پذیرش فناوری واقعیت مجازی با استفاده از دو رویکرد کلی انجام شده‌اند. دسته‌ای از مطالعات معطوف به بررسی پذیرش فناوری واقعیت مجازی از منظر کاربر نهایی بوده‌اند. به عبارتی این پژوهش‌ها به دنبال بررسی این موضوع بوده‌اند که چه چیزی باعث می‌شود تا کاربران نهایی از فناوری واقعیت مجازی استفاده کنند. دانستن این عوامل می‌تواند هم برای تولیدکنندگان سخت‌افزار و هم به توسعه‌دهندگان نرم‌افزارهای لازم امکان شناخت دقیق‌تر کاربران را فراهم کند تا از این طریق ضمن رفع نواقص و پوشش دادن به دغدغه کاربران زمینه گسترش نفوذ فناوری را فراهم کند. [۵]

در زمینه رویکرد اول می‌توان به نظریاتی همچون مدل پذیرش فناوری (TAM^۷) نظریه رفتار عقلایی (TRA^۹) و نظریه جامع پذیرش و استفاده از فناوری (UTAUT^۸) اشاره کرد که همگی از جمله نظریاتی هستند که تاکنون مطالعات

سامانه دارند می‌توانند اقدامات متفاوتی را انجام داده و به اشیا و موقعیت‌های مختلفی نیز دسترسی داشته باشند. این سامانه مبتنی بر معماری کلاینت-سرور بوده و از طریق کنترلرهای



بخصوص داده‌های موقعیتی و حرکتی افراد را جمع‌آوری کرده و برای سرور ارسال می‌کند.

گرین و همکاران [۱۴] نیز استفاده از تجهیزات بدون سیم در توسعه مرکز فرماندهی و کنترل مبتنی بر واقعیت مجازی را بررسی کردند و نشان دادند که سامانه فرماندهی و کنترل مبتنی بر واقعیت مجازی می‌تواند در حوزه نظامی در انواع محیط‌ها عملکرد مناسبی داشته باشد. سیستم معرفی شده توسط کناتزان و همکاران [۱] نیز سامانه فرماندهی و کنترل

شکل ۳ سامانه فرماندهی مجازی از راه دور معرفی شده توسط آیل و همکاران [۱۳]

^۹ Unified Technology Acceptance and Use theory

^۷ Technology Acceptance Model

^۸ Theory of Reasoned Action

بسیار زیادی در حوزه پذیرش فناوری بر مبنای چارچوب پیشنهادی آن‌ها انجام شده است [۵]. در این زمینه، کانگ [۱۵] نشان داد که عواملی مانند پیچیدگی استفاده، مزیت استفاده از فناوری، نوآوری و انگیزه درونی از جمله عوامل مؤثر بر کاربران در تمایل به پذیرش فناوری واقعیت مجازی است. ساگیر و همکاران [۱۶] بر جنبه دیگری تأکید کردند. آن‌ها نشان دادند که سودمندی ادراک شده از جانب کاربر و همچنین سادگی استفاده تأثیر مثبتی بر کاربران این سیستم‌ها دارد. ویشواکارما و همکاران [۱۷] با بررسی کاربران صنعت تورسم در هندوستان توانستند تأثیر ریسک آسیب‌های ذهنی و همچنین سودمندی ادراک شده بر کاربران را اثبات کنند. لاورل و همکاران [۱۸] با تحلیل داده‌های شبکه‌های اجتماعی دریافتند که کم بودن محتوی آماده برای کاربران از دلایل عدم استفاده از این فناوری است. در کنار این موارد فاکتورهایی مانند ریسک افشای داده‌ها، کیفیت محتوی استفاده شده در شبیه‌سازی، طراحی نمایشگرهای واقعیت مجازی و حتی نوآوری آن می‌تواند بر تمایل کاربران به استفاده از این فناوری تأثیرگذار باشند [۱۹] [۲۰] [۲۱]

دسته دوم مطالعات به بررسی پذیرش فناوری واقعیت مجازی از دید سازمان‌ها و صنایع می‌پردازند. به عبارت دیگر، این دسته از مطالعات به دنبال شناخت موانع و مشکلاتی هستند که صنایع و یا سازمان‌ها در مسیر پذیرش این فناوری‌ها با آن‌ها روبرو می‌شوند چراکه حذف این موانع می‌تواند مسیر پذیرش فناوری را تسهیل کند. [۵]

در زمینه دسته دوم می‌توان به نظریات تامپسون، ریچارد دفت و ماری جوهرچ اشاره کرد. نظریه تامپسون یکی از اولین نظریاتی بود که به مطالعه فناوری در بستر سازمان پرداخت که ماحصل آن معرفی سه نوع فناوری متمرکز، واسطه‌ای و پیوسته مستمر بود. به جز مطالعه تامپسون نظریات دیگری نیز توسط ریچارد دفت، ماری جوهرچ و چارلز پرو ارائه شدند که

فناوری را در بستر سازمان مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. [۲۲] تورناتزکی و فلیشر [۲۳] نیز یکی از مهم‌ترین نظریات پذیرش فناوری را ارائه دادند که به چارچوب TOE^{۱۱} شناخته می‌شود و پذیرش فناوری در بستر سازمان را ناشی از ۳ دسته عوامل می‌داند که پژوهش حاضر نیز از این چارچوب بهره می‌برد. این عوامل عبارت‌اند از:

- عوامل سازمانی
- عوامل فناورانه
- عوامل محیطی

در راستای پاسخ دادن به سؤالات پژوهش با استفاده از جستجوی فراوان در میان مقالات و همچنین گزارش‌های تحقیقاتی موانع و پیشران‌های پذیرش فناوری واقعیت مجازی، از دل مطالعاتی که با رویکرد سازمان محور (رویکرد دوم) انجام شدند، سازه‌های اولیه شروع مرحله نخست دلفی شناسایی شدند که مشروح آن در جدول ۱ قرار داده شده است.

مطالعه فعلی مانند مطالعاتی که در جدول ۱ و جدول ۲ بررسی شد رویکرد سازمان محور به پذیرش فناوری واقعیت مجازی دارد، اما این مطالعه از چند جنبه با مطالعات پیشین متفاوت است. اولین وجه تمایز این مطالعه قلمرو مکانی آن است چراکه این مطالعه در ایران و یک سازمان ایرانی انجام گرفته است. تمایز دوم این مطالعه با مطالعات پیشین در صنعت مورد بررسی است، چراکه مطالعات پیشین معطوف به صنایع غیر دفاعی بودند و مطالعه فعلی معطوف به یک سازمان دفاعی است که قطعاً الزامات و نیازمندی‌های متفاوتی دارد. تمایز سوم در روش انجام پژوهش است چراکه بسیاری از مطالعات پیشین با روش مصاحبه اقدام به شناسایی موانع و پیشران‌های پذیرش فناوری واقعیت مجازی کرده‌اند اما مطالعه فعلی از ترکیب داده‌های برآمده از ادبیات موضوع و همچنین روش دلفی برای دستیابی به سازه‌های پژوهش استفاده می‌کند.

^{۱۱} Technological, Organizational, Environmental

^{۱۲} Tornatzky, & Fleischer

جدول ۱ موانع پذیرش فناوری واقعیت مجازی برگرفته از مطالعات پیشین با رویکرد سازمان محور

موانع	توضیح	منبع
هزینه‌های سخت‌افزاری	هزینه‌های بالای تهیه سخت‌افزار برای استقرار سامانه فرماندهی و کنترل مبتنی بر واقعیت مجازی	[۲۴] [۲۵] [۲۶]
پیچیدگی ساخت برنامه‌های واقعیت مجازی	توسعه برنامه‌ها و شبیه‌سازی‌های فناوری واقعیت مجازی پیچیدگی بالایی دارد	[۲۴] [۲۵] [۲۶] [۲۷]
کاربری پیچیده سیستم واقعیت مجازی (پیچیدگی از دید کاربر نهایی)	استفاده از سیستم (اعم از سخت‌افزار و نرم‌افزار) واقعیت مجازی پیچیده است.	[۲۵] [۲۸] [۲۹]
لزوم نداشتن محدودیت جسمانی در استفاده از واقعیت مجازی	سیستم‌های فرماندهی-کنترل مبتنی بر واقعیت مجازی عموماً به گونه‌ای طراحی شده‌اند که کاربران برای استفاده از آن‌ها باید محدودیت جسمی یا مالی یا دانشی نداشته باشند و بدین ترتیب کاربرانی که محدودیتی در این شاخص‌ها داشته باشند نمی‌توانند از این سیستم‌ها استفاده کنند.	[۳۰] [۳۱]
شبکه محور نبودن واقعیت مجازی	بسیاری از برنامه‌ها و محتوای شبیه‌سازی شده توسط واقعیت مجازی باید به صورت انفرادی مورد استفاده قرار گرفته و نمی‌توانند در آن با دیگر افراد تعامل اجتماعی داشته باشند	[۳۰] [۳۲]
محدود بودن محتوای آماده	بسیاری از محتواهای از پیش آماده محدود به حوزه سرگرمی و تفریحات هستند و نمی‌توان از آن‌ها در شبیه‌سازی نظامی استفاده نمود.	[۳۰] [۳۲]
نبود استانداردهای لازم	با وجود اینکه تعداد پلتفرم‌ها و شرکت‌های فعال در زیست‌بوم واقعیت مجازی زیاد است اما هنوز استانداردهای لازم برای توسعه این فناوری ایجاد نشده است	[۳۰] [۳۲] [۲۶]
امنیت اطلاعات	ریسک افشای داده‌های نیروها (داده‌های هویتی و ...) وجود دارد	[۴] [۳۲] [۲۶]
حجیم بودن سخت‌افزار	سخت‌افزار مورد نیاز برای اجرای شبیه‌سازی واقعیت مجازی بزرگ و حجیم است به طوری که اجرای آن را با مشکل روبرو می‌کند.	[۳۲]
فقدان مهارت‌ها / تخصص‌های لازم در نیروها	نبود مهارت‌های لازم در نیروها در جهت استفاده و توسعه سیستم واقعیت مجازی.	[۲۴] [۲۵] [۳۲] [۳۳] [۲۷]
نگرش منفی مدیران نسبت به فناوری واقعیت مجازی	ذهنیت و نگرش مدیران سازمان نسبت به فناوری واقعیت مجازی مثبت نیست	[۲۴] [۲۵] [۲۶]

[۳۲]	سازمان تا حد بسیار زیادی از تغییر اجتناب می‌کند	اجتناب از تغییر
[۳۱]	زیرساخت‌های فناوری اطلاعات سازمان آماده پذیرش این فناوری نیستند	نبود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات مناسب
[۳۱] [۲۶] [۲۷]	مدیران عالی سازمان از پیاده‌سازی و توسعه سامانه فرماندهی-کنترل مبتنی بر فناوری واقعیت مجازی در سازمان حمایت نمی‌کنند.	عدم حمایت مدیران عالی
[۲۹] [۴] [۳۱] [۲۶]	مدیران سازمان نسبت به تفاوت شبیه‌سازی سامانه فرماندهی-کنترل مبتنی بر واقعیت مجازی با سامانه حقیقی آگاهی لازم را ندارند	فقدان آگاهی در زمینه تفاوت سامانه فرماندهی-کنترل مجازی با حقیقی
[۲۹] [۴] [۳۱] [۲۶]	مدیران سازمان نسبت به تأثیرات مثبتی که سامانه فرماندهی و کنترل مجازی می‌تواند داشته باشد آگاهی کافی ندارند.	فقدان آگاهی در زمینه سودمندی سامانه فرماندهی و کنترل مجازی
[۳۰] [۴] [۲۶] [۲۷]	تعامل‌پذیری و ادغام و یکپارچگی سامانه فرماندهی-کنترل واقعیت مجازی با سیستم‌های فعلی سازمان دشوار است.	یکپارچگی با سیستم‌های فعلی
[۴] [۳۲] [۳۱] [۲۷]	نمی‌توان پروژه ایجاد سامانه فرماندهی و کنترل مجازی را به‌صورت مستمر به لحاظ مالی تأمین کرد.	عدم امکان تأمین مالی مستمر
[۲۶]	تعداد مؤلفه‌های فناوری اطلاعات و پذیرش فناوری در سازمان پایین است	پذیرش پایین فناوری‌های پیشین
[۲۹] [۲۶] [۲۷]	قوانین لازم برای استفاده از سامانه فرماندهی-کنترل مجازی وجود ندارند	نبود چارچوب قانونی لازم

[۳۰] [۳۱]	به دلیل تأخیرهای زمانی موجود در زنجیره‌های تأمین و تولیدکنندگان سخت‌افزار دسترسی به سخت‌افزارها با تأخیر زمانی و دشواری همراه است.	دسترسی به سخت‌افزارها
[۲۷]	تعامل مناسبی با سازمان‌های همکار خارجی وجود ندارد	عدم تعامل با سازمان‌های همکار خارجی

جدول ۲. پیشران‌های پذیرش واقعیت مجازی برآمده از مطالعات با رویکرد سازمان محور

پیشران	توضیح	منبع
ایمنی بیشتر برای افراد	با استفاده از شبیه‌سازی افراد در حین استفاده و تجربه ایمنی بالاتری دارند	[۲۴] [۳۲]
افزایش کیفی تمرینات	کیفیت تمرینات نظامی با استفاده از شبیه‌سازی افزایش پیدا می‌کند	[۲۴] [۳۲]
کاهش هزینه	به دلیل شبیه‌سازی عملیات و یا موقعیت‌هایی که در حالت عادی دستیابی به آن‌ها دشوار یا پرهزینه است	[۲۴] [۳۲]
استفاده آزمایشی	می‌توان سیستم واقعیت مجازی را به‌صورت آزمایشی و در مقیاس کوچک پیاده‌سازی کرده و نتایج استفاده از آن را مورد ارزیابی قرارداد.	[۲۶] [۲۷]
قابل مشاهده بودن نتایج	نتایج استفاده از سامانه واقعیت مجازی از طریق شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد قابل ارزیابی هستند	[۲۷]
تنوع شبیه‌سازی	با استفاده از سخت‌افزارهای سیستم واقعیت مجازی می‌توان موقعیت‌های متنوعی را شبیه‌سازی و ایجاد کرد	[۳۴] [۳۵] [۳۶]
در دسترس بودن	سیستم واقعیت مجازی می‌تواند سطح بالایی از دسترسی را برای موقعیت‌های پرتنش و احتمالی درگیری به ارمغان بیاورد	[۳۴] [۳۵] [۳۶]
قابلیت تکرار	با استفاده از سیستم واقعیت مجازی می‌توان انجام سناریوهای نظامی را به‌دفعات تکرار کرد.	[۳۴] [۳۵] [۳۶]
امکان حضور ارزیاب	با استفاده از حضور یک ارزیاب می‌توان نحوه عملکرد افراد را به‌صورت آنی بررسی کرد.	[۳۴] [۳۵] [۳۶]
اشتیاق به استفاده	نیروهای سازمان نسبت به استفاده از سیستم واقعیت مجازی مشتاق هستند	[۳۴] [۳۵] [۳۶]
همسویی با روند جهانی	به دنبال افزایش استفاده از این فناوری در سازمان‌های نظامی دنیا استفاده از این فناوری توجیه پیدا کرده است.	[۳۲] [۲۷] [۳۱] [۳۳]
دقت بالا	سخت‌افزار مورد استفاده در سیستم واقعیت مجازی میزان بالایی از دقت را به همراه می‌آورد و به همین علت می‌توان عملکرد افراد را بهتر ارزیابی کرد.	[۳۴]

۱,۳ روش‌شناسی پژوهش

پژوهش فعلی از منظر محیط جمع‌آوری داده‌ها از نوع میدانی و از حیث کاربردی بودن در دسته پژوهش‌های کاربردی قرار دارد. همچنین این پژوهش از هر دو نوع داده کیفی و کمی استفاده کرده و از حیث قطعیت در دسته پژوهش‌های اکتشافی قرار دارد. [۳۷]

در این مطالعه از روش دلفی که یکی از روش‌های دستیابی به اجماع در گروه‌های تصمیم‌گیری است استفاده شده است. این روش با استفاده از پرسشنامه و همچنین بازخوردهای کنترلی ارائه‌شده به تصمیم‌گیرندگان در عین حفظ گمنامی برای آن‌ها به حصول اجماع کمک می‌کند. [۳۸]

در پژوهش حاضر، در مرحله اول مسئله پژوهش تعریف شد. سپس در گام بعدی، ضمن جمع‌آوری مقالات و آخرین گزارش‌های حوزه فناوری واقعیت مجازی که از سوی سازمان‌های تحقیقاتی معتبر در دنیا انتشار یافته‌اند، پنل خبرگان نیز انتخاب و مشخص شد. در مرحله بعد پرسشنامه تنظیم شده به منظور بررسی و اخذ روایی صوری و محتوی به ۵ تن از خبرگان ارائه شد و اصلاحات مورد نیاز مشخص و اعمال گردید. بنابراین، پس از اخذ روایی صوری و محتوی به صورت کیفی، پرسشنامه نهایی برای انجام روش دلفی در اختیار پنل خبرگان قرار گرفت. بعد از انجام مرحله نخست دلفی سازه‌های جدید پیشنهادی توسط خبرگان و همچنین تغییرات مورد نظر بر روی سازه‌های پیشین پژوهش اعمال گردید. در انتها نیز پس از انجام مرحله سوم دلفی سازه‌هایی که میانگین آن‌ها از آستانه مشخص شده کمتر بود حذف شده و سازه‌های باقی‌مانده به عنوان خروجی مطالعه در نظر گرفته شدند.

همچنین، به منظور جمع‌آوری آرای خبرگان از پرسشنامه و طیف لیکرت ۷ تایی و در کنار آن از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ برای تحلیل و انجام آزمون‌های آماری مورد نیاز استفاده شده است. علاوه بر این، شرط حذف سازه‌ها نیز کسب

میانگین بالاتر از ۵ در طیف ۷ تایی لیکرت است. در کنار این موارد، به منظور بررسی حصول اجماع از آماره کندال W که یک آزمون نا پارامتریک بوده و برای داده‌های ترتیبی استفاده می‌شود و همچنین یکی از روش‌های تشخیص اجماع مبتنی بر آمار استنباطی است استفاده شده است. مقدار آماره کندال W می‌تواند عددی میان ۰ تا ۱ را به خود اختصاص دهد که صفر بیانگر نبود اجماع و یک بیانگر اجماع نظر کامل خبرگان است. مطابق با این آماره $W > 0.7$ بیانگر اجماع قوی، $w = 0.5$ بیانگر اجماع متوسط و $w < 0.3$ بیانگر اجماع ضعیف است. البته ذکر این نکته اهمیت دارد که در مطالعات دلفی با تعداد اعضای پنل کمتر از ۱۰ نفر مقادیر W کمتر از ۰,۳ نیز معنادار هستند. در بررسی اجماع دلفی با استفاده از آماره کندال W دو معیار برای پایان مراحل دلفی وجود دارد معیار اول اجماع قوی میان خبرگان است که با مقدار آماره W مشخص می‌شود. معیار دوم نیز رشد ناچیز و یا عدم تغییر مقدار W طی دو مرحله متوالی از انجام دلفی است. [۳۸]

$$W = \frac{12S}{M^2 (N^2 - N)}$$

$$S = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})$$

که در آن R، M و N عبارت‌اند از:

R = مجموع رتبه‌های یک سازه

M = تعداد مجموعه رتبه‌بندی‌ها

N = تعداد سازه‌ها یا پدیده‌های در حال بررسی

در پژوهش حاضر برای انتخاب خبرگان از دو معیار تجربه و تخصص استفاده شده است. بنابراین از میان خبرگان سازمان ۸ تن از افرادی که در زمینه فناوری واقعیت مجازی صاحب دانش هستند و همچنین تجربه و شناخت کافی از سازمان دارند برای گردآوری داده‌ها انتخاب شدند.

۲. یافته‌ها

۲،۱ یافته‌های پژوهش در دور اول دلفی

پس از جمع‌آوری سازه‌های پژوهش از دل مطالعات پیشین و توزیع پرسشنامه اولیه نزد خبرگان و اعمال تغییرات لازم در واژه‌پردازی و سازه‌ها مطابق با نظر خبرگان اصلاحات لازم انجام شد. با اجرای مرحله اول دلفی داده‌های موردنیاز مطابق با جدول ۵ جمع‌آوری شد. در طی مرحله اول دلفی و بنابر پیشنهاد خبرگان سازه ((امنیت اطلاعات)) به دو سازه ((امنیت اطلاعات کاربر)) و ((امنیت اطلاعات نرم‌افزار)) تقسیم شد. همچنین ۲ سازه مربوط به آگاهی نسبت به واقعیت مجازی با یکدیگر ادغام شده و سازه‌های جدیدی تحت عناوین ((امکان بروز آسیب‌های ذهنی به کاربران)) و ((وابستگی به قطعات خارجی)) به لیست سازه‌های پژوهش اضافه شدند. همچنین در بخش پیشران‌ها نیز ۳ سازه به جمع ۱۲ سازه مرحله اول دلفی اضافه شد که عبارت‌اند از: امکان استفاده از هوش مصنوعی، شیوع بیماری کرونا و قابلیت حمل‌ونقل آسان که به‌عنوان سازه‌های شماره ۱۳، ۱۴ و ۱۵ به لیست پیشران‌های پذیرش اضافه شدند

جدول 3 مقدار آماره کندال W برای موانع در دور اول دلفی

Related-Samples Kendall's Coefficient of Concordance Summary	
Total N	۸
Kendall's W	۰.۴۶۴
Test Statistic	۷۸.۰۱۱
Degree Of Freedom	۲۱
Asymptotic Sig	۰.۰۰۰

جدول 4 آماره کندال W برای پیشران‌ها در دور اول دلفی

Related-Samples Kendall's Coefficient of Concordance Summary	
Total N	۸
Kendall's W	۰.۴۱۵
Test Statistic	۳۶.۵۴۱
Degree Of Freedom	۱۱
Asymptotic Sig	۰.۰۰۰

جدول ۵ داده‌های جمع‌آوری شده در بخش اول دلفی مربوط به موانع

سازه	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
هزینه‌های بالای سخت‌افزاری	۲	۷	۴,۱۳	۱,۷۲۷
پیچیدگی ساخت برنامه‌های واقعیت مجازی	۳	۷	۵,۲۵	۱,۳۸۹
کاربری پیچیده سیستم واقعیت مجازی (پیچیدگی از دید کاربر نهایی)	۱	۵	۳,۰۰	۱,۳۰۹
لزوم نداشتن محدودیت جسمانی در استفاده از واقعیت مجازی	۱	۴	۲,۸۸	۱,۱۲۶
شبکه محور نبودن واقعیت مجازی	۱	۶	۳,۵۰	۱,۶۰۴
فقدان آگاهی در زمینه سودمندی فناوری واقعیت مجازی	۳	۶	۴,۷۵	۱,۰۳۵
نبود استانداردهای لازم	۳	۶	۴,۵۰	۱,۱۹۵
امنیت اطلاعات	۵	۷	۵,۷۵	۰,۸۸۶
حجیم بودن سخت‌افزار	۱	۴	۲,۷۵	۱,۰۳۵
محدود بودن محتوی آماده	۲	۵	۳,۵۰	۰,۹۲۶
نگرش منفی مدیران نسبت به واقعیت مجازی	۳	۶	۴,۳۸	۱,۱۸۸
اجتناب از تغییر	۳	۶	۴,۸۸	۱,۱۲۶
نبود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات مناسب	۲	۶	۴,۳۰	۱,۰۱۲
عدم حمایت مدیران عالی	۴	۶	۵,۱۳	۰,۸۳۵
فقدان آگاهی در زمینه تفاوت سامانه فرماندهی-کنترل مجازی با حقیقی	۳	۶	۴,۵۰	۰,۹۲۶
فقدان مهارت‌ها / تخصص‌های لازم در نیروها	۲	۵	۳,۳۸	۰,۹۱۶
یکپارچگی با سیستم‌های فعلی	۳	۵	۴,۰۰	۰,۹۲۶
عدم امکان تأمین مالی مستمر	۵	۷	۵,۸۸	۰,۸۳۵
پذیرش پایین فناوری‌های پیشین	۱	۴	۳,۰۰	۱,۰۶۹
نبود چارچوب قانونی لازم	۴	۶	۵,۲۵	۰,۸۸۶
دسترسی به سخت‌افزارها	۴	۶	۵,۰۰	۰,۹۲۶
عدم تعامل با سازمان‌های همکار خارجی	۵	۷	۵,۸۸	۰,۸۳۵

جدول 6 داده‌های جمع‌آوری شده در مرحله اول دلفی در بخش پیشران‌ها

کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	
۵	۷	۶,۰۰	۰,۹۲۶	ایمنی بیشتر برای افراد
۳	۷	۵,۵۰	۱,۴۱۴	افزایش کیفی تمرینات
۵	۷	۵,۳۸	۰,۷۴۴	کاهش هزینه
۴	۷	۵,۵۰	۱,۱۹۵	استفاده آزمایشی
۳	۷	۵,۱۳	۱,۶۴۲	قابل مشاهده بودن نتایج
۶	۷	۶,۵۰	۰,۵۳۵	تنوع شبیه‌سازی
۴	۷	۵,۳۸	۱,۰۶۱	در دسترس بودن
۶	۷	۶,۶۳	۰,۵۱۸	قابلیت تکرار
۵	۷	۵,۸۸	۰,۸۳۵	امکان حضور ارزیاب
۱	۶	۳,۰۰	۱,۶۹۰	اشتیاق به استفاده
۱	۶	۳,۵۰	۱,۶۰۴	همسویی با روند جهانی
۴	۷	۵,۵۰	۱,۱۹۵	دقت بالا

۲,۲ یافته‌های پژوهش در دور دوم دلفی

جدول 7 مقدار آماره کندال W در دور دوم دلفی برای موانع

Related-Samples Kendall's Coefficient of Concordance Summary	
Total N	۸
Kendall's W	۰,۵۵۰
Test Statistic	۱۰۵,۶۵۶
Degree Of Freedom	۲۴
Asymptotic Sig.	۰,۰۰۰

در طی اجرای مرحله دوم دلفی ضمن ارائه گزارشی از نتایج داده‌های مرحله اول، پرسشنامه مرحله دوم به خبرگان ارائه شد که نتایج و داده‌های حاصل از آن در جدول ۹ و جدول ۱۰ قابل مشاهده است. در طی مرحله دوم دلفی نیز فقط یک پیشنهاد برای تغییر سازه ((شیوع بیماری کرونا)) به ((شیوع بیماری‌های واگیردار)) ارائه شد تا قابلیت تعمیم بیشتری به آینده داشته باشد.

جدول 8 مقدار آماره کندال W در دور دوم دلفی برای پیشران‌ها

Related-Samples Kendall's Coefficient of Concordance Summary	
Total N	۸
Kendall's W	۰,۵۳۹
Test Statistic	۶۰,۳۲۳
Degree Of Freedom	۱۴
Asymptotic Sig.	۰,۰۰۰

همچنین طی مرحله دوم دلفی مقدار آماره کندال W برای موانع و پیشران‌ها به ترتیب ۰,۵۵۰ و ۰,۵۳۹ به دست آمد که نشان‌گر اجماع متوسط خبرگان پیرامون این سازه‌ها است. بنابراین، با توجه به مقدار آماره کندال و همچنین اعمال یک اصلاح بر روی سازه‌های پژوهش اجرای دلفی ادامه یافت.

جدول ۹ داده‌های جمع‌آوری شده از مرحله دوم دلفی بخش موانع

سازه	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
هزینه‌های بالای سخت‌افزاری	۱	۵	۳,۵۰	۱,۴۱۴
پیچیدگی ساخت برنامه‌های واقعیت مجازی	۴	۷	۵,۵۰	۱,۱۹۵
کاربری پیچیده سیستم واقعیت مجازی (پیچیدگی از دید کاربر نهایی)	۱	۶	۳,۲۵	۱,۶۶۹
لزوم نداشتن محدودیت جسمانی در استفاده از واقعیت مجازی	۱	۶	۳,۱۳	۱,۸۰۸
شبکه محور نبودن واقعیت مجازی	۳	۶	۴,۲۵	۱,۰۳۵
محدود بودن محتوی آماده	۳	۶	۴,۶۳	۱,۰۶۱
نبود استانداردهای لازم	۲	۴	۳,۳۸	۰,۷۴۴
امنیت اطلاعات کاربران	۵	۷	۶,۳۸	۰,۷۴۴
امنیت اطلاعات نرم‌افزار	۵	۷	۶,۵۰	۰,۷۵۶
حجیم بودن سخت‌افزار	۱	۵	۳,۲۵	۱,۲۸۲
احتمال بروز آسیب‌های ذهنی به کاربران	۱	۵	۲,۸۸	۱,۴۵۸
اتکای صرف به دنیای مجازی	۱	۶	۳,۲۵	۱,۸۳۲
فقدان مهارت‌ها / تخصص‌های لازم در نیروها	۲	۶	۳,۷۵	۱,۴۸۸
نگرش منفی مدیران نسبت به واقعیت مجازی	۳	۶	۴,۵۰	۱,۱۹۵
اجتناب از تغییر	۲	۵	۳,۸۸	۰,۹۹۱
نبود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات مناسب	۴	۶	۵,۰۰	۰,۷۵۶
عدم حمایت مدیران عالی	۱	۶	۳,۶۳	۱,۵۰۶
فقدان آگاهی در زمینه تفاوت سامانه فرماندهی-کنترل مجازی با حقیقی	۴	۷	۵,۶۳	۰,۹۱۶
یکپارچگی با سیستم‌های فعلی	۲	۶	۳,۸۸	۱,۲۴۶
عدم امکان تأمین مالی مستمر	۱	۶	۳,۵۰	۱,۰۴۵
پذیرش پایین فناوری‌های پیشین	۱	۳	۲,۰۰	۰,۷۵۶
نبود چارچوب قانونی لازم	۵	۷	۶,۱۳	۰,۹۹۱
دسترسی به سخت‌افزارها	۴	۷	۵,۱۳	۱,۱۲۶
وابستگی به قطعات خارجی	۴	۷	۵,۶۳	۱,۰۶۱
عدم تعامل با سازمان‌های همکار خارجی	۴	۷	۵,۵۰	۱,۰۲۱

جدول 10 داده‌های جمع‌آوری شده در مرحله دوم دلفی در بخش پیشران‌ها

پیشران‌ها	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
ایمنی بیشتر برای افراد	۵	۷	۶,۲۵	۰,۸۸۶
افزایش کیفی تمرینات	۳	۷	۵,۰۰	۱,۳۰۹
کاهش هزینه	۳	۶	۴,۸۸	۱,۱۲۶
استفاده آزمایشی	۴	۷	۵,۷۵	۱,۲۸۲
قابل مشاهده بودن نتایج	۳	۷	۵,۱۳	۱,۲۴۶
تنوع شبیه‌سازی	۴	۷	۵,۸۸	۱,۱۲۶
در دسترس بودن	۴	۷	۵,۶۳	۱,۳۰۲
قابلیت تکرار	۳	۷	۵,۰۰	۱,۵۱۲
امکان حضور ارزیاب	۳	۷	۵,۵۰	۱,۴۱۴
اشتیاق به استفاده	۱	۴	۲,۶۳	۱,۰۶۱
همسویی با روند جهانی	۲	۴	۳,۱۳	۰,۸۳۵
دقت بالا	۴	۷	۶	۱,۰۶۹
امکان استفاده از هوش مصنوعی	۴	۷	۵,۸۸	۱,۱۲۶
شیوع بیماری کرونا	۱	۶	۳,۳۸	۱,۶۸۵
قابلیت حمل و نقل آسان	۱	۴	۲,۶۳	۱,۱۸۸

جدول 11 مقدار آماره کندال W در مرحله سوم دلفی برای موانع

Related-Samples Kendall's Coefficient of Concordance Summary	
Total N	۸
Kendall's W	۰.۶۷۵
Test Statistic	۱۲۹.۵۸۶
Degree Of Freedom	۲۴
Asymptotic Sig.	۰.۰۰۰

جدول 12 مقدار آماره کندال W در مرحله سوم دلفی برای پیشران‌ها

Related-Samples Kendall's Coefficient of Concordance Summary	
Total N	۸
Kendall's W	۰.۶۴۳
Test Statistic	۷۲.۰۱۶
Degree Of Freedom	۱۴
Asymptotic Sig.	۰.۰۰۰

۲,۳ یافته‌های پژوهش در دور سوم دلفی

در طی اجرای مرحله سوم دلفی سازه جدیدی در بخش موانع یا پیشران‌ها اضافه یا اصلاح نشد و تنها اصلاح پیشنهادی خبرگان در مرحله دوم نیز اعمال شد و سازه ((شیوع بیماری کرونا)) به ((شیوع بیماری‌های واگیردار)) تغییر نام پیدا کرد.

همچنین مقدار آماره کندال در مرحله سوم دلفی برای موانع و پیشران‌ها به ترتیب ۰,۶۷۵ و ۰,۶۴۳ بود که در سطح معناداری ۱ درصد عدد قابل قبولی است. بنابراین، در این مرحله اجرای دلفی متوقف شد. پس از حصول اجماع و اجرای ۳ مرحله روش دلفی سازه‌های با میانگین بیشتر از ۵ در طیف ۷ تایی لیکرت انتخاب و مابقی از لیست سازه‌ها حذف شدند.

جدول ۱۳ داده‌های جمع‌آوری‌شده در مرحله سوم دلفی در بخش موانع

سازه	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
هزینه‌های بالای سخت‌افزاری	۱	۴	۲,۵۰	۱,۱۹۵
پیچیدگی ساخت برنامه‌های واقعیت مجازی	۴	۷	۵,۳۸	۰,۹۱۶
کاربری پیچیده سیستم واقعیت مجازی (پیچیدگی از دید کاربر نهایی)	۱	۵	۲,۸۸	۱,۴۵۸
لزوم نداشتن محدودیت جسمانی در استفاده از واقعیت مجازی	۱	۴	۲,۳۸	۱,۰۶۱
شبکه محور نبودن واقعیت مجازی	۱	۴	۲,۵۰	۱,۱۹۵
محدود بودن محتوی آماده	۱	۵	۳,۶۳	۱,۳۰۲
نبود استانداردهای لازم	۲	۴	۳,۲۵	۰,۷۰۷
امنیت اطلاعات کاربران	۶	۷	۶,۶۳	۰,۵۱۸
امنیت اطلاعات نرم‌افزار	۶	۷	۶,۶۳	۰,۵۱۸
حجیم بودن سخت‌افزار	۱	۴	۲,۸۸	۱,۱۲۶
احتمال بروز آسیب‌های ذهنی به کاربران	۱	۴	۲,۵۰	۱,۱۹۵
اتکای صرف به دنیای مجازی	۲	۵	۳,۸۸	۰,۹۹۱
فقدان مهارت‌ها / تخصص‌های لازم در نیروها	۴	۶	۵,۰۰	۰,۹۲۶
نگرش منفی مدیران نسبت به واقعیت مجازی	۲	۶	۳,۶۳	۱,۴۰۸
اجتناب از تغییر	۳	۶	۴,۸۸	۰,۹۹۲
نبود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات مناسب	۱	۴	۲,۵۰	۱,۱۹۶
عدم حمایت مدیران عالی	۳	۶	۴,۸۸	۰,۹۹۳
فقدان آگاهی در زمینه تفاوت سامانه فرماندهی-کنترل مجازی با حقیقی	۴	۷	۵,۵۰	۱,۱۹۳
یکپارچگی با سیستم‌های فعلی	۲	۵	۳,۵۰	۱,۱۹۵
عدم امکان تأمین مالی مستمر	۲	۵	۳,۳۸	۱,۱۸۸
پذیرش پایین فناوری‌های پیشین	۱	۳	۲,۰۰	۰,۹۲۶
نبود چارچوب قانونی لازم	۴	۷	۵,۶۳	۱,۰۶۱
دسترسی به سخت‌افزارها	۴	۶	۵,۱۳	۰,۸۲۰
وابستگی به قطعات خارجی	۵	۷	۵,۸۸	۰,۸۳۵
عدم تعامل با سازمان‌های همکار خارجی	۴	۶	۵,۱۳	۰,۸۳۵

جدول 14 داده‌های جمع‌آوری شده در مرحله سوم در بخش پیشران‌ها

پیشران‌ها	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
ایمنی بیشتر برای افراد	۵	۷	۶,۲۵	۰,۷۰۷
افزایش کیفی تمرینات	۴	۷	۵,۷۵	۱,۰۳۵
کاهش هزینه	۱	۵	۳,۰۰	۱,۵۱۲
استفاده آزمایشی	۳	۷	۵,۲۵	۱,۲۸۲
قابل مشاهده بودن نتایج	۴	۷	۵,۵۰	۱,۱۹۵
تنوع شبیه‌سازی	۵	۷	۶,۱۳	۰,۸۳۵
در دسترس بودن	۴	۷	۵,۷۵	۱,۰۳۵
قابلیت تکرار	۵	۷	۶,۵۰	۰,۷۵۶
امکان حضور ارزیاب	۵	۷	۶,۳۸	۰,۷۴۴
اشتیاق به استفاده	۱	۳	۲,۲۵	۰,۷۰۷
همسویی با روند جهانی	۲	۵	۳,۵۰	۰,۹۲۶
دقت بالا	۵	۷	۶,۱۳	۰,۸۳۵
امکان استفاده از هوش مصنوعی	۵	۷	۶,۳۸	۰,۷۴۴
شیوع بیماری‌های واگیردار	۴	۷	۵,۸۸	۰,۹۹۱
قابلیت حمل و نقل آسان	۱	۴	۳,۰۰	۱,۰۶۹

باشند. در این راستا پس از مطالعه و مرور ادبیات فنی حوزه پذیرش فناوری واقعیت مجازی با استفاده از روش دلفی و مراجعه و جمع‌آوری داده‌ها از ۸ تن از خبرگان سازمان در طی ۳ مرحله اجرای روش دلفی به صورت رفت و برگشتی موانع و پیشران‌های پذیرش سامانه فرماندهی کنترل مجازی شناسایی و مشخص شدند.

با توجه به نتایج به دست آمده از داده‌های پژوهش و همچنین با استفاده از رویکرد TOE در پذیرش فناوری در سازمان می‌توان موانع پذیرش سامانه فرماندهی و کنترل مجازی در سازمان را در ۳ دسته ((عوامل فناورانه))، ((عوامل سازمانی)) و ((عوامل محیطی)) دسته‌بندی کرد. مطابق با این رویکرد موانع پیچیدگی ساخت برنامه‌های واقعیت مجازی، امنیت اطلاعات کاربر و امنیت اطلاعات نرم‌افزار در دسته موانع مربوط به فناوری، فقدان آگاهی در مدیران سازمان و

۳. بحث و نتیجه‌گیری

در طی چند سال گذشته فناوری واقعیت مجازی از یک فناوری صرفاً تبلیغاتی به یک فناوری سودمند و مفید تبدیل شده که کاربردهای زیادی حتی در حوزه فرماندهی و کنترل سازمان‌های نظامی دارد. یکی از مصادیق این کاربرد سیستم فرماندهی و کنترل مجازی و مبتنی بر شبیه‌سازی واقعیت مجازی است. اما پذیرش این فناوری در سازمان‌های نظامی فرایندی تدریجی دارد که می‌تواند تحت تأثیر عوامل بازدارنده و پیش برنده متعددی قرار گیرد. پژوهش فعلی به دنبال یافتن موانع و پیشران‌های پذیرش این فناوری در سازمان مورد مطالعه بود تا از این طریق مدیران سازمان مذکور بتوانند مسیر پذیرش این فناوری را هموارتر کرده و برای استقرار این فناوری در سازمان برنامه‌ریزی کرده و چارچوب بهتری داشته

و زابل [27] دلگادو و همکاران [32]، فرناندز [33] و چاندرا و کومار [31] متفاوت هستند.

جدول ۱۶ پیشران‌های پذیرش سیستم فرماندهی کنترل مجازی

پیشران‌های پذیرش سیستم فرماندهی کنترل مجازی در سازمان		
ایمنی بیشتر برای افراد	تنوع شبیه‌سازی	دقت بالا
افزایش تمرینات	کیفی در دسترس بودن	امکان استفاده از هوش مصنوعی
استفاده آزمایشی	قابلیت تکرار	شیوع بیماری‌های واگیردار
قابل مشاهده بودن نتایج	امکان ارزیاب	حضور

آنچه از نتایج می‌توان مشاهده نمود دغدغه ریسک‌های مربوط به افشای اطلاعات در تمامی ارکان سیستم مبتنی بر واقعیت مجازی است. از طرف دیگر وابستگی به کشورهای دیگر هم از جنبه دانش تولید سخت‌افزار واقعیت مجازی و هم از جنبه دشواری‌ها و تأخیرهای موجود در زنجیره تأمین قطعات سخت‌افزار واقعیت مجازی قابل طرح و بحث است. اما از طرفی بهره‌مندی از مزایای حاصل از این فناوری مسئله‌ای است که رفع چالش‌های آن را توجیه می‌کند.

با عنایت به این عوامل می‌توان بیان داشت که راهکارهای درون‌زایی و روش‌های تولید قطعات مخصوص فناوری واقعیت مجازی در داخل سازمان، از جمله اقداماتی است که علاوه بر برطرف کردن وابستگی به خارج می‌تواند دغدغه امنیتی مدیران سازمان را نیز پوشش دهد چراکه با تولید قطعات در داخل نظارت‌ها و الزامات امنیتی مورد نیاز سازمان در نظر گرفته خواهد شد. نکته مهم دیگر در اینجا طراحی و تعیین چارچوب‌های قانونی مناسب برای استقرار و استفاده از سیستم فرماندهی-کنترل مبتنی بر واقعیت مجازی است چراکه تعیین چارچوب قانونی مناسب می‌تواند سیستم مبتنی بر شبیه‌سازی را به بقیه سیستم‌های سازمان متصل کرده و استقرار

نبود قوانین لازم در دسته عوامل سازمانی و وابستگی به قطعات خارجی، دسترسی دشوار به سخت‌افزارها و عدم تعامل با سازمان‌های همکار خارجی را در دسته عوامل محیطی پذیرش این سامانه در سازمان دانست. نکته شایان ذکر در اینجا این است که سازه‌های نهایی مطالعه فعلی با یافته‌های زابل و تلکمن [۲۷]، دلگادو و همکاران [۳۲]، باداماسی و همکاران [24] و آدگوک [25] انطباق ندارد چراکه بسیاری از سازه‌های مورد اشاره در این مطالعات، مانند هزینه‌های سخت‌افزاری عدم حمایت مدیران عالی و...، در مطالعه فعلی تأیید نشدند.

جدول ۱۵ موانع پذیرش سیستم فرماندهی کنترل مجازی

موانع پذیرش سیستم فرماندهی کنترل مبتنی بر واقعیت مجازی در سازمان		
فناورانه	سازمانی	محیطی
پیچیدگی ساخت برنامه‌های واقعیت مجازی	فقدان آگاهی در مدیران سازمان نسبت به سودمندی واقعیت مجازی	وابستگی به قطعات خارجی
امنیت اطلاعات کاربر	نبود قوانین لازم در سازمان	دسترسی دشوار به سخت‌افزارها
امنیت اطلاعات نرم‌افزار		عدم تعامل با سازمان‌های همکار خارجی

در رابطه با پیشران‌های پذیرش نیز مشخص شد که پیشران‌های ایمنی، قابلیت تکرار، امکان استفاده از هوش مصنوعی و حتی شیوع بیماری‌های واگیردار (مانند کرونا) جزو عوامل مهم پذیرش این سامانه در سازمان مورد مطالعه هستند. از جهت تفاوت مطالعه فعلی با مطالعات پیشین نیز می‌توان به این نکته اشاره کرد که سازه‌های همسویی با روند جهانی، قابلیت حمل و نقل آسان و کاهش هزینه‌های آموزش در این مطالعه جزو موارد مهم تشخیص داده نشدند و از این جهت با مطالعات اوگورتسوا و همکاران [۳۴]، تلکمن

۲. [۲] فتح‌آبادی، خالقی، آرمن. (۱۳۹۹). طراحی چارچوب آموزش مهارت‌های تصمیم‌گیری برای محیط‌های دفاعی. *فصلنامه علمی-پژوهشی فرماندهی و کنترل*. ۴(۳)، ۴۹-۳۵.

۳. [۳] جعفری زاده، امید. (۱۳۹۹). مؤلفه‌ها و شاخص‌های منابع انسانی مؤثر بر سامانه فرماندهی و کنترل *فصلنامه علمی-پژوهشی فرماندهی و کنترل*. ۴(۳)، ۹۱-۷۴.

4. [4] Karanjia, B. & Veerapaneni, A. & Gupta, S. & Goswami, S. & Sudhir, S. *Virtual, Augmented and Mixed Reality for Defence and Public Sector Retrieved From Deloitte Website: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/in/Documents/about-deloitte/in-about-deloitte-Digital%20Reality%20in%20Defence_Final%20print.pdf*

5. [5] Taherdoost, H. (2018). A review of technology acceptance and adoption models and theories. *Procedia manufacturing*, 22, 960-967.

6. [6] Koźlak, M., Kurzeja, A., & Nawrat, A. (2013). Virtual reality technology for military and industry training programs. In *Vision Based Systems for UAV Applications* (pp. 327-334). Springer, Heidelberg.

7. [7] Strategic Defence, 2015 *The Global Military Simulation and Virtual Training Market 2015-2025 Retrieved from: <https://www.marketresearch.com/product/sample-8911464.pdf>*

۸. [۸] محمدی فاتح، ابراهیمی. شناسایی و رتبه‌بندی فناوری‌های اطلاعاتی نوظهور در بخش دفاعی-نظامی. (۱۳۹۹) *آینده‌پژوهی دفاعی*. ۵(۱۷)، ۱۶۸-۱۴۱.

۹. [۹] مبینی دهکردی، یدالهی فارسی، جهانگیر، عربیون، کشاورز ترک. (۱۳۹۹) چارچوب شناسایی فرصت‌های کارآفرینی در حوزه فناوری اطلاعات با رویکرد آینده‌نگاری (مورد مطالعه: فناوری‌های سلامت دیجیتال در نیروهای نظامی). *آینده‌پژوهی دفاعی*. ۵(۱۷)، ۸۴-۵۵.

10. [10] Craig, A. B., Sherman, W. R., & Will, J. D. (2017). *Developing virtual reality applications: Foundations of effective design*. Morgan Kaufmann.

11. [11] Fuchs, P. (2017). *Virtual reality headsets: a theoretical and pragmatic approach*. CRC Press.

12. [12] Haring, K. S., Finomore, V., Muramoto, D., Tenhundfeld, N. L., Wen, J., & Tidball, B. (2018, March). Analysis of using virtual reality (vr) for command and control applications of multi-robot systems. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Virtual, Augmented, and Mixed Reality for HRI (VAM-HRI)*.

13. [13] Aylett, R. S., Delgado, C., Serna, J. H., Stockdale, R., Clarke, H., Estebanez, M. & Lynam, T. (2005). REMOTE: desk-top Virtual Reality for future command and control?. *Virtual Reality*, 8(3), 131-146.

14. [14] Green, D., Stanton, N., Walker, G., & Salmon, P. (2005). Using wireless technology to develop a virtual reality command and control centre. *Virtual Reality*, 8(3), 147-155.

آن را تسهیل بخشد. در کنار این اقدامات می‌توان به سرمایه‌گذاری در مسیر توسعه موتورهای بازی‌سازی به عنوان یکی از اصلی‌ترین عناصر تولید محتوی واقعیت مجازی نگاه ویژه داشت تا از این طریق بتوان پیچیدگی ساخت محتوی واقعیت مجازی را نیز کاهش داد. نکته قابل ذکر در اینجا آن است که سازمان می‌تواند در مسیر توسعه موتور بازی‌سازی از پیشران‌های مورد اشاره در این مطالعه، مانند استفاده از هوش مصنوعی، حداکثر استفاده را ببرد تا از این طریق پذیرش محتوی ساخته شده تسهیل گردد.

با عنایت به نتایج و بحث و بررسی آن‌ها می‌توان دریافت که مطالعات آینده می‌توانند به امکان‌سنجی تولید قطعات و سخت‌افزار واقعیت مجازی در سازمان بپردازند تا از این طریق امکان حذف وابستگی به خارج مرتفع گردد. مطالعات آینده می‌تواند معطوف به طراحی چارچوب‌های قانونی و سازمانی لازم برای استقرار سامانه فرماندهی و کنترل مجازی در سازمان باشد. منظور از چارچوب سازمانی آن است که مطالعات آینده می‌توانند امکان‌سنجی تشکیل کمیته‌ها و یا تیم‌های تخصصی برای راهبری این پروژه از مراحل ابتدایی و توسعه نرم‌افزار تا مراحل انتهایی و استقرار سیستم در سازمان را بررسی کند. حوزه دیگر می‌تواند ارائه چارچوب توسعه محتوی واقعیت مجازی و یا شاخصه‌های مدنظر سیستم فرماندهی مجازی باشد که باهدف تسهیل توسعه محتوی در سازمان انجام شود. در کنار این موارد پژوهشگران آتی می‌توانند به دیگر سازمان‌های کشور نیز توجه داشته و مطالعه مشابهی را در سازمان‌های دیگر با پیش‌فرض‌ها و الزامات متفاوت انجام دهند.

۴. منابع

- [1] Knutzon, J. S., Walter, B. E., Sannier, A. V., & Oliver, J. H. (2004). An immersive approach to command and control. *Journal of Battlefield Technology*, 7(1), 37-42. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.086683138308022>

28. [28] Velev, D., & Zlateva, P. (2017). Virtual reality challenges in education and training. *International Journal of Learning and Teaching*, 3(1), 33-37.
29. [29] Glegg, S. M. N., & Levac, D. E. (2018). Barriers, facilitators and interventions to support virtual reality implementation in rehabilitation: a scoping review. *PM&R*, 10(11), 1237-1251.
30. [30] Armstrong, S. (2018). *Extended reality: five barriers to adoption*. Retrieved from: <https://www.raconteur.net/technology/vr-ar/extended-reality-barriers-adoption>
31. [31] Chandra, S., & Kumar, K. N. (2018). EXPLORING FACTORS INFLUENCING ORGANIZATIONAL ADOPTION OF AUGMENTED REALITY IN E-COMMERCE: EMPIRICAL ANALYSIS USING TECHNOLOGY-ORGANIZATION-ENVIRONMENT MODEL. *Journal of electronic commerce research*, 19(3).
32. [32] Davila Delgado, J. M., Oyedele, L., Beach, T., & Demian, P. (2020). Augmented and virtual reality in construction: drivers and limitations for industry adoption. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(7), 04020079.
33. [33] Fernandez, M. (2017). Augmented virtual reality: How to improve education systems. *Higher Learning Research Communications*, 7(1), 1-15.
34. [34] Ogourtsova, T., Archambault, P. S., & Lamontagne, A. (2019). Exploring barriers and facilitators to the clinical use of virtual reality for post-stroke unilateral spatial neglect assessment. *Disability and rehabilitation*, 41(3), 284-292.
35. [35] Virtually There From 2D to 3D to XR, *Accenture Analysis* (2017)
36. [36] Virtual, Augmented, and Mixed Reality for Defence and Public Sector, *Deloitte* (2019)
۳۷. [۳۷] عزیزی شهریاری (۱۳۹۵) روش تحقیق در مدیریت با تاکید بر مثال‌های کاربردی و آماری، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)
38. [38] Habibi, A., Sarafrazi, A., & Izadyar, S. (2014). Delphi technique theoretical framework in qualitative research. *The International Journal of Engineering and Science*, 3(4), 8-13.
15. [15] Kang, S. (2020). Going Beyond Just Watching: The Fan Adoption Process of Virtual Reality Spectatorship. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 64(3), 499-518.
16. [16] Sagnier, C., Loup-Escande, E., Lourdeaux, D., Thouvenin, I., & Valléry, G. (2020). User acceptance of virtual reality: an extended technology acceptance model. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(11), 993-1007.
17. [17] Vishwakarma, P., Mukherjee, S., & Datta, B. (2020). Travelers' intention to adopt virtual reality: A consumer value perspective. *Journal of Destination Marketing & Management*, 17, 100456.
18. [18] Laurell, C., Sandström, C., Berthold, A., & Larsson, D. (2019). Exploring barriers to adoption of Virtual Reality through Social Media Analytics and Machine Learning—An assessment of technology, network, price and trialability. *Journal of Business Research*, 100, 469-474.
19. [19] Herz, M., & Rauschnabel, P. A. (2019). Understanding the diffusion of virtual reality glasses: The role of media, fashion and technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 138, 228-242.
20. [20] Kunz, R. E., & Santomier, J. P. (2019). Sport content and virtual reality technology acceptance. *Sport, Business and Management: An International Journal*.
21. [21] Fagan, M., Kilmon, C., & Pandey, V. (2017). Exploring the adoption of a virtual reality simulation: The role of perceived ease of use, perceived usefulness and personal innovativeness. *Campus-Wide Information Systems*.
22. [22] Hatch, M. J. (2018). *Organization theory: Modern, symbolic, and postmodern perspectives*. Oxford university press.
23. [23] Tornatzky, L. G., Fleischer, M., & Chakrabarti, A. K. (1990). *Processes of technological innovation*. Lexington books.
24. [24] Badamasi, A. A., Aryal, K. R., Makarfi, U. U., & Dodo, M. (2021). Drivers and barriers of virtual reality adoption in UK AEC industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*
25. [25] Adegoke, A. S., Oladokun, T. T., Ayodele, T. O., Agbato, S. E., & Jinadu, A. A. (2021). DEMATEL method of analysing the factors influencing the decision to adopt virtual reality technology by real estate firms in Lagos property market. *Smart and Sustainable Built Environment*.
26. [26] Martins, J., Gonçalves, R., Au-Yong-Oliveira, M., Moreira, F., & Branco, F. (2020). Qualitative analysis of virtual reality adoption by tourism operators in low-density regions. *IET Software*, 14(6), 684-692.
27. [27] Zabel, C., & Telkmann, V. (2020). The adoption of emerging technology-driven media innovations. A comparative study of the introduction of virtual and augmented reality in the media and manufacturing industries. *Journal of media business studies*, 1-32.