****

**دانشکدۀ چندرسانه‏ای**

#### پایان‏نامه برای اخذ درجۀ کارشناسی ارشد هنرهای چند‌ رسانه‌ای

**عنوان:**

**تحلیل و بررسی ژست‌بدن به عنوان یک ارتباط غیرکلامی در متاورس**

**نگارنده:**

**محمد کثیری**

**استادان راهنما:**

**یونس سخاوت**

**لیلا دوبختی**

**استاد مشاور:**

**میلاد جعفری سیسی**

**شهریور ماه 1402**

****



**اظهارنامۀ دانشجو**

اينجانب محمد کثیری دانشجوي دورۀ روزانه مقطع **کارشناسی ارشد** رشتۀ هنرهای رایانه‌ای، گرایش هنر‌های چندرسانه‌ای دانشكدۀ چندرسانه‏ای دانشگاه هنر اسلامی تبريز به شمارۀ دانشجويي ۴۰۰۱۳۶۶۰۱ تعهد مي‏نمايم كه تحقيقات ارائه‏شده در اين پایان‏نامه با عنوان **تحلیل و بررسی ژست‌بدن به عنوان یک ارتباط غیرکلامی در متاورس** توسط شخص اينجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش‏شده مورد تأييد است؛ و در موارد استفاده از كار ديگر محققان، به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. همچنين تعهد مي‌نمايم كه مطالب مندرج در پایان‏نامه تاكنون براي دريافت هيچ نوع مدرك يا امتيازي توسط اينجانب يا فرد ديگري ارائه نشده است و در تدوين متن پایان‏نامه، چارچوب مصوّب دانشگاه را به طور كامل رعايت كرده‏ام؛ و هرگونه مقاله مستخرج از دستاوردهای این پایان‏نامه را با ذکر نام استاد/استادان راهنما و دانشجو منتشر خواهم کرد. همچنین کليۀ حقوق مادّي و معنوی مترتب بر نتايج مطالعات، ابتکارات و نوآوري‏هاي ناشي از تحقيق، همچنين چاپ و تکثير، نسخه‌برداري، ترجمه و اقتباس از اين پایان‏نامه، براي دانشگاه هنر اسلامی تبريز محفوظ است.

**امضاء دانشجو:** 

**تاريخ:**

**بسمه تعالی**

**صورتجلسه دفاعیه پایان‏نامه** **کارشناسی ارشد (ب)**

**دانشکده** چندرسانه‏ای

با عنایت به آیین‌نامۀ آموزشی دورۀ کارشناسی ارشد ناپیوسته، جلسۀ دفاعیۀ انتخاب کنید انتخاب کنید آقا/خانم نام دانشجو درج شود به شمارۀ دانشجویی شماره دانشجویی درج شود در رشتۀ نام رشته درج شود گرایش................. به ارزش تعداد واحد در ساعت درج ساعت مورخۀ تاریخ درج شود با عنوان «عنوان پایان‏نامه / رساله درج شود» در محل نام محل برگزاری جلسه دفاع درج شود با حضور هیئت داوران تشکیل شد و بر اساس کیفیت پایان‌نامه، ارائۀ دفاعیه و نحوۀ پاسخ به سؤالات، رأی نهایی به شرح ذیل اعلام گردید:

پایان‌نامه با نمره (به عدد) ...........................(به حروف) .............................................. مورد تایید قرار گرفت.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ردیف** | **نام اساتید و داوران** | **عنوان** | **امضاء** |
| ۱ | آقای دکتر یونس سخاوت | استاد راهنمای اول |  |
| 2 | خانم دکتر لیلا دوبختی | استاد راهنمای دوم |  |
| 3 | آقای میلاد جعفری سیسی | استاد مشاور |  |
| 4 |  | داور اول |  |
| 5 |  | داور دوم |  |
| 6 |  | نمایندۀ تحصیلات تکمیلی |  |

|  |  |
| --- | --- |
| رئیس دانشکده  نام و نام خانوادگی  مهر و امضاء | مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه  نام و نام خانوادگی  مهر و امضاء |

****

**دانشکدۀ چندرسانه‏ای**

#### پایان‏نامه برای اخذ درجۀ کارشناسی ارشد چند‌رسانه‌ای

**عنوان:**

**تحلیل و بررسی ژست‌بدن به عنوان یک ارتباط غیرکلامی در متاورس**

**نگارنده:**

**محمد کثیری**

**استادان راهنما:**

**یونس سخاوت**

**لیلا دوبختی**

**استاد مشاور:**

**میلاد جعفری سیسی**

**خرداد ماه 1402**

**سپاسگزاری**

با سپاس فراوان از اساتید راهنما

بسمه تعالی

**مشخصات و چکیده پايان نامه تحصيلي کارشناسی ارشد**

**عنوان پایان نامه: تحلیل و بررسی ژست‌بدن به عنوان یک ارتباط غیرکلامی در متاورس**

**استاد راهنما: دکتر یونس سخاوت، دکتر لیلا دوبختی**

**استاد مشاور: آقای میلاد جعفری سیسی**

**نام دانشجو: محمد کثیری**

**شماره دانشجویی: 400136601 کارشناسی ارشد  دکتری **

**تعداد صفحات:**

**دانشکده: چند رسانه‌ای گرایش: هنرهای چندرسانه‌ای تاریخ دفاع: تاریخ تصویب:**

**چکیده پایان‌نامه:**

**مقدمه و هدف:** ارتباطات جزئی بنیادی از تعاملات انسانی است که به منظور انتقال افکار، ایده‌ها واحساسات استفاده می‌شود. ارتباطات رایانه‌ای در طول همه گیری اخیر COVID-19 افزایش یافته است و افراد به جهت از دست ندادن ارتباط خود با دیگران و پرکردن نیازهای اجتماعی رو به دنیای دیجیتال آورده‌اند. با اینکه کنفرانس‌های ویدئویی باعث مشکلات حریم خصوصی می‌شود، جلسات مجازی هنوز به طور گسترده مورد استفاده قرار نگرفته‌اند؛ کیفیت ارتباطات آن‌ها ضعیف است و به انتقال علائم بدن و نشانه‌های مهم ارتباط غیرکلامی، مانند حالت و ژست‌بدن، کمتر پرداخته شده است، و یا اینکه شرکت در این جلسات نیازمند برخورداری از وسائل گران قیمت مثل عینک‌های واقعیت مجازی و سنسورهای مخصوص است. پژوهش پیش‌رو برای رفع این نقصان، به بررسی ساخت محیط واقعیت مجازی یا متاورس با قابلیت ارسال و دریافت حرکات دست به‌وسیله‌ی دوربین وبکم معمولی به عنوان زیرمجموعه‌ای از ارتباطات غیرکلامی می‌پردازد؛ همچنین نقش ژست دست در بهبود کیفیت ارتباطات و فهم حرکات دست توسط کاربران را در محیط واقعیت مجازی بررسی می‌کند.

**روش اجرای پژوهش:** پس از مطالعه‌ی یافته‌ها و روش‌های پژوهش‌های پیشین، محیط واقعیت مجازی با قابلیت ارسال و دریافت ژست‌های دست به وسیله‌ی دوربین وبکم پیاده‌سازی شد. تعداد ۴۰ نفر از دانشجویان دانشگاه هنر‌های اسلامی تبریز به عنوان نمونه برای اجرای پژوهش در دو آزمایش طراحی شده به صورت درون آزمودنی شرکت کردند. در سناریوی آزمایش‌ها پژوهشگر و یک نمونه، یکبار با، و بار دیگر بدون حضور حرکت‌های دست با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. در پایان، اطلاعات به‌وسیله‌ی سیستم و پرسشنامه جمع‌آوری شد.

**کلیدواژگان:** متاورس، ارتباطات، زبان بدن، تعاملات مجازی، جلسات مجازی، آواتارها، بینایی رایانه، ژست‌بدن، ارتباطات غیرکلامی

**نام و نام خانوادگی استاد راهنما: دکتر یونس سخاوت**

**تاریخ**

**امضاء**

**فهرست مطالب**

**عنوان صفحه**

**فصل اول: کلیات پژوهش 12-1**

[1-1- مقدمه 2](#_Toc456127321)

[1‏-2- بیان مسأله 2](#_Toc456127322)

[1-3- ضرورت تحقیق 2](#chapter3_1)

[1-4- اهداف تحقیق 2](#chapter4_1)

[1-۵- سوال‌های پژوهش 2](#_Toc456127325)

[1-۶- فرضیه‌های پژوهش 2](#_Toc456127326)

[1-۷- کلمات کلیدی 2](#_Toc456127327)

**فصل دوم: پیشینه و ادبیات موضوعی ۳۵-۱۳**

[۲-1- مقدمه 2](Template-Editted20200728.docx)

[۳-1- مقدمه 2](#_Toc456127321)

**فصل سوم: روش تحقیق و طراحی ۵۰-۳۶**

[۳-1- مقدمه 2](#_Toc456127321)

[۲-1- مقدمه 2](#_Toc456127321)

فهرست منابع 11

پیوست‏ها 13

**فهرست شکل‏ها**

**عنوان صفحه**

1-1- عنوان کوتاه 4

1-2- عنوان کوتاه 4

**فهرست جدول‏ها**

**عنوان صفحه**

1-1- عنوان کوتاه 4

1-2- عنوان کوتاه 4

**فهرست کوته‏نوشته‏ها (علامت‏های اختصاری)**

(درج این فهرست اختیاری است)

**فصل اول**

**مقدمه**

فصل ۱

**کلیات پژوهش**

۱-۱- مقدمه

ارتباطات جزئی بنیادی از تعاملات انسانی است که به منظور انتقال افکار، ایده‌ها و احساسات استفاده می‌شود. در حالی که ارتباطات کلامی نقش مهمی در تعاملات روزمره‌مان دارند، ارتباطات غیرکلامی نیز به همان اندازه یا حتی بیشتر داری اهمیت می‌باشند. علائم غیرکلامی مانند حالات چهره، زبان بدن، حرکات و آوا، لایه‌های اضافی از معنا را فراهم می‌کنند و به کلیت اثربخشی و درک پیام‌های ما کمک می‌کنند. در این فصل ابتدا به تبیین مسئله و ضرورت انجام این پژوهش در حوزه ارتباطات غیر‌کلامی در محیط واقعیت مجازی یا متاورس پرداخته شده است. سپس اهداف، فرضیه‌ها و پرسش‌های پژوهش مطرح و کلید واژه‌های تخصصی تعریف شده‌اند.

۲-۱- بیان مسئله

ارتباطات رایانه‌ای در طول همه گیری اخیر COVID-19 افزایش یافته است(Nimrod, 2020). افراد به جهت از دست ندادن ارتباط خود با دیگران و پرکردن نیازهای اجتماعی رو به دنیای دیجیتال آورده‌اند و دنیای دیجیتال دریچه‌ای جدید برای دردسترس بودن افراد و حفظ ارتباط با دوستان و اعضای خانواده باز کرده است(Meier et al., 2021). افراد بدون اینکه در یک مکان حضور داشته باشند قادر به ایجاد ارتباط با یکدیگر هستند(Saltzman et al., 2020).با اینکه کنفرانس‌های ویدئویی[[1]](#footnote-1) باعث مشکلات حریم خصوصی می شود، جلسات مجازی هنوز به طور گسترده مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. کیفیت ارتباطات آن‌ها ضعیف است و قابلیت استفاده ندارد. به انتقال علائم بدن و نشانه‌های مهم ارتباط غیرکلامی، مانند حالت و ژست‌بدن، کمتر پرداخته شده است(Kurzweg et al., 2021).

ارتباطات غیرکلامی[[2]](#footnote-2) به انتقال پیام‌ها یا سیگنال‌ها از طریق یک بستر غیرکلامی مانند تماس چشمی[[3]](#footnote-3) ، حالات چهره[[4]](#footnote-4)، ژست‌ها[[5]](#footnote-5)، وضعیت بدن[[6]](#footnote-6) و زبان بدن[[7]](#footnote-7) گفته می‌شود. حرکت دست‌ها و بازوها به عنوان یک رفتار غیرکلامی و با نام ژست دست[[8]](#footnote-8) شناخته می‌شود. ژست‌های دست در طول مکالمه به صورت عامدانه به منظور رساندن پیام خاصی توسط اشخاص به کار می‌روند. آن‌ها سه نقش اصلی را ایفا می‌کنند: نماد[[9]](#footnote-9)، نمایان‌گر[[10]](#footnote-10) و تنظیم‌کننده[[11]](#footnote-11)(Hall et al., 2019). نمادها حرکات با معنی توافقی هستند، مثل بالا بردن انگشت اشاره به منظور اجازه گرفتن. نمایان‌گرها یک پیام شفاهی را به تصویر می‌کشند، مثل نشان دادن اندازه یک جسم حین گفت‌و‌گو. ژست‌های دست تنظیم‌کننده برای کنترل جریان گفت‌وگو به کار می‌روند، به عنوان مثال در بین گفت‌وگوی دیگران شخصی خود را به جلو خم میکند و دستش را کمی بالا می‌آورد، به نشانه‌ی اینکه مهلت حرف زدن دیگران تمام شده و نوبت او رسیده است(Knapp et al., 2013).

چندین غول فناوری روی ایجاد یک محیط مجازی برای توسعه محل‌کار فعالیت‌هایی انجام داده‌اند. طرح اولیه ایجاد اتاق‌های کنفرانس‌مجازی است که در آن همکاران بتوانند با استفاده از واقعیت مجازی با یکدیگر ملاقات کنند. در طول همه‌گیری کرونا، جلسات آنلاین در محل کار با استفاده از برنامه‌هایی مانند zoom و Google Hangouts رایج شده بود. کارمندان اثرات آنچه «خستگی زوم[[12]](#footnote-12)» نامیده می‌شود را احساس کرده‌اند و شرکت‌ها به دنبال راه‌های بهتری برای تعامل آنلاین با کارمندان خود هستند.

ارتباطات غیرکلامی در واقعیت مجازی[[13]](#footnote-13) کنونی کمبودهایی دارد. از قبیل اینکه افراد متوجه نیّات طرف مقابل از طریق صورت یا ژست‌بدن او نمی‌شوند، شخص سخنور قادر به گرفتن فیدبک یا عکس‌العمل از حالت بدن شنوندگان خود نیست و نمی‌تواند دریابد که آیا شنونده دارای اشتیاق به شرکت در بحث هست یا اینکه از بحث و گفتگو خسته شده، و حالت تدافعی به خود گرفته است؛ یا اینکه حتی شخص شنونده مشغول به کار دیگری است و به او توجه نمی‌کند.

یکی از این محیط‌های ارتباطی، دنیای جدیدی به نام متاورس[[14]](#footnote-14) می‌باشد. متاورس به معنی جهان پساواقعیت است، یک محیط چند کاربره دائمی و پایدار که واقعیت فیزیکی را با واقعیت مجازی دیجیتال ادغام می‌کند. از این‌رو، متاورس یک شبکه به هم پیوسته از محیط‌های اجتماعی و شبکه‌ای همه‌جانبه در پلتفرم‌های چندکاربره است. متاورس ارتباطات کاربران را در غالب آواتارها[[15]](#footnote-15) که جایگزینی برای چهره واقعی افراد هستند، در تعاملات بلادرنگ[[16]](#footnote-16) و پویا[[17]](#footnote-17) با مصنوعات دیجیتالی امکان‌پذیر می‌کند(Mystakidis, 2022). از طریق متاورس، یک اتاق کنفرانس آنلاین بسیار واقعی‌تر به نظر می‌رسد. ارائه‌ها قانع‌کننده‌تر خواهند بود، ارتباطات واقعی‌تر احساس می‌شود و مخاطبان بیشتر درگیر خواهند شد.

استفاده از آواتار در دنیای دیجیتال (جانشین دیجیتالی برای خود فیزیکی در یک تعامل ارتباطی، یا شکلی که انسان هنگام ورود به دنیای مجازی به خود می‌گیرد) یک الزام است تا شخص به صورت دیجیتالی با دیگران ارتباط برقرار کند. در واقعیت مجازی، آواتارها به‌عنوان وسیله‌ای عمل می‌کنند که کاربران را قادر می‌سازد تا با یکدیگر تعامل داشته باشند؛ در جهان‌های مجازی حرکت، فعالیت و معاشرت داشته باشند(Montemorano, 2020). چهره‌های مصنوعی انسان نوید زیادی برای پیشبرد تعامل انسان و رایانه، همچنین افزایش وابستگی بین انسان‌ها و ماشین‌هایشان دارد(Sproull et al., 1996). پس بنابراین استفاده از چهره و بدن‌های انسانی برای برقراری ارتباط بین یکدیگر و به منظور انتقال ژست و حالت بدن ضروری است.

از آنجایی که تعامل با دنیاهای مجازی و متاورس نیاز به وسایل متعدد از قبیل عینک‌های واقعیت مجازی و دستگاه‌های تشخیص حالت بدن دارد. جایگزینی برای این وسایل خالی وجود ندارد، روشی که بتواند بدون نیاز به تجهیزات اضافی، حالت‌بدن و ژست بدن افراد را به متاورس منتقل و بر روی آواتار اشخاص نگاشت کند.

هدف ما ساخت یک نمونه اولیه محیط سه‌بعدی جلسات مجازی آنلاین به جهت بهبود ارتباطات غیرکلامی از جمله حالت و ژست‌ دست کاربران است. حرکات هر کاربر از طریق دوربین‌های RGB یا وبکم ضبط شده و به صورت برخط به داخل محیط جلسات مجازی منتقل و بر روی آواتار هر شخص داخل محیط مجازی نگاشت می‌شود.

۳-۱- ضرورت تحقیق

با افزایش روز افزون استفاده از وسایل ارتباطی، امروزه شاهد هستیم که ارتباطات و جلسات مجازی یک ابزار ضروری برای کار مشترک یا کار از خانه در سراسر جهان است. جلسات مجازی اغلب تنها راه‌حل امکان پذیر برای ارتباطات گروهی همزمان در فواصل از راه دور است. همچنین، آن‌ها تنها گزینه‌ برای ملاقات در زمان بحران‌های جهانی مانند همه‌گیری COVID-19 هستند. علاوه‌بر تمام مزایای آشکار، مشاهده می‌شود که شرکت‌کنندگان اغلب در طول جلسات مجازی چندین کار را انجام می‌دهند، و اطمینان از بهره‌وری مکالمه بسیار سخت شده است(Kurzweg et al., 2021). در مکالمه‌های رودررو اطلاعات متعددی را می‌توان از طریق ارتباطات غیرکلامی، مانند احساسات، توجه، و تمایل به شرکت در مکالمه بدست آورد(Dzedzickis et al., 2020). بنابراین، ما در جلسات رودرو از طریق حالت بدن افراد به آسانی درمی‌یابیم که آیا اشخاص به سخنان ما گوش می‌دهند یا اینکه در حال انجام کار دیگری هستند(Harrison, 2018).

فناوری متاورس به زودی بخشی جدایی ناپذیر از زندگی ما خواهد شد، پس باید برای افراد در هر سطح اقتصادی مناسب باشند. به جای یک محصول پرهزینه، باید محصولات ارزان‌تر توسعه داده‌شود تا برای استفاده همگان مناسب باشند(Nalbant & UYANIK, 2021).

در جلسات مجازی کنونی از سنسور‌ها[[18]](#footnote-18) و وسایل متعدد مثل دستکش‌ها، دوربین‌های کینکت[[19]](#footnote-19)، عینک‌های واقعیت مجازی،سنسور لیپ موشن[[20]](#footnote-20) و موارد مشابه استفاده می‌شود. خرید و استفاده از این وسایل نیاز به هزینه‌ و وقت اضافی برای وصل شدن به جلسات مجازی یا متاورس را به همراه دارد. نتایج این پژوهش می‌تواند به حذف اینگونه وسائل گران قیمت و صرفه‌جویی در وقت کمک کند تا افراد قادر باشند به وسیله‌ی بینایی کامپیوتر و وبکم خود ژست دست و حالت بدن خود را به دنیای متاورس انتقال دهند.

۴-۱- اهداف تحقیق

هدف اصلی این پایان‌نامه، پیاده‌سازی سیستمی برای انتقال ارتباطات غیرکلامی (به صورت خاص حرکت دست‌ها) با استفاده از بینایی رایانه به داخل محیط واقعیت مجازی است. همچنین به بررسی نقش انتقال ژست دست (حرکت دست‌ها)، در بهبود ارتباطات در محیط واقعیت مجازی می‌پردازد. در نهایت تفهیم پیام از طریق ژست دست در سیستم طراحی شده مورد پژوهش واقع می‌گردد.

۵-۱- سوال‌های پژوهش

* چگونه می‌توان با استفاده از دوربین وبکم حالت و حرکت بدن افراد را به یک جلسه مجازی آنلاین منتقل کرد؟
* آیا انتقال حالت و حرکت بدن به جلسه مجازی آنلاین باعث بهبود ارتباطات می‌شود؟
* آیا در محیط مجازی ساخته شده افراد قادر به تشخیص پیام ارسال شده از طریق ژست‌بدن یکدیگر به واسطه‌ی آواتارها هستند؟

۶-۱- فرضیه‌های پژوهش

* انتقال حالت و حرکت بدن به محیط متاورس باعث بهبود ارتباطات در محیط متاورس طراحی شده می‌شود.
* افراد با مشاهده وضعیت بدن و حرکت آواتارها در محیط متاورس طراحی شده قادر به تشخیص پیام ارسال شده از طریق ژست‌بدن یکدیگر می‌باشند.

۷-۱- تعریف واژگان کلیدی

۱-۷-۱- زبان بدن

زبان بدن یا «Body Language» به مجموعه‌ای از حرکات بدن اشاره می‌کند که هدف از انجام آن‌ها ابراز وجود به جای استفاده از زبان است. زبان بدن که به عنوان ارتباط غیرکلامی نیز نامیده می شود، نه تنها شامل نحوه حرکت بدن، بلکه حرکات دست، حالات چهره، تماس چشمی و نحوه استفاده از صدای خود می شود (Jian-xia et al., 2019).

۲-۷-۱- ارتباطات غیرکلامی

علاوه بر زبان کلامی، انسان‌ها پیام‌ها را از طریق وضعیت‌های بدن، حرکات دست، نگاه‌های چشم، حالات صورت و سایر فعالیت‌های بدنی منتقل و مبادله می‌کنند که تحت عنوان ارتباطات کلامی یا « (NVC) Nonverbal Communication» شناخته می‌شوند(Danesi, 2021).

۳-۷-۱- ژست‌های دست یا «Hand Gestures»

حرکت دست‌ها و بازوها به عنوان یک رفتار غیرکلامی و با نام ژست دست شناخته می‌شود. ژست‌های دست در طول مکالمه به صورت عامدانه به منظور رساندن پیام خاصی توسط اشخاص به کار می‌روند. آن‌ها سه نقش اصلی را ایفا می‌کنند: نماد ، نمایان‌گر و تنظیم‌کننده (Hall et al., 2019). نمادها حرکات با معنی توافقی هستند، مثل بالا بردن انگشت اشاره به منظور اجازه گرفتن. نمایان‌گرها یک پیام شفاهی را به تصویر می‌کشند، مثل نشان دادن اندازه یک جسم حین گفت‌و‌گو. ژست‌های تنظیم‌کننده برای کنترل جریان گفت‌وگو به کار می‌روند، به عنوان مثال در بین گفت‌وگوی دیگران شخصی خود را به جلو خم میکند و دستش را کمی بالا می‌آورد، به نشانه‌ی اینکه مهلت حرف زدن دیگران تمام شده و نوبت او رسیده است(Knapp et al., 2013).

۴-۷-۱- واقعیت مجازی

واقعیت مجازی (VR) به استفاده از نمایشگرهای سه‌بعدی و دستگاه‌های تعاملی برای کاوش برخط در محیط های تولید شده توسط کامپیوتر در اشاره دارد؛ و به سه دسته‌ی غوطه‌ور یا «Immersive» و غیر غوطه‌ور«Non-Immersive» تقسیم می‌شود(Doerner et al., 2022).

۵-۷-۱- واقعیت مجازی غوطه‌ور

در شبیه سازهای واقعیت مجازی غوطه ور، دنیای مجازی به گونه ای ارائه می شود که محیط مجازی شرکت کنندگان را احاطه کرده می‌کند. شرکت‌کننده از طریق دستگاه‌های کنترل شبیه‌ساز (مانند دسته بازی، دستکش) و سخت‌افزار ردیابی حرکت (مانند دستگاه‌های ردیابی چشم، سر و حرکت بدن) با محیط مجازی تعامل دارد(Feng et al., 2021).

۶-۷-۱- واقعیت مجازی غیر غوطه‌ور

در واقعیت مجازی غیر غوطه‌ور، محیط مجازی روی یک دستگاه نمایش داده می شود، به عنوان مثال، مانیتور رایانه. همچنین افراد از طریق دستگاهی که شبیه ساز را کنترل می کند (مانند ماوس، صفحه کلید، جوی استیک) با محیط ارتباط برقرار می کنند(Feng et al., 2021).

۷-۷-۱- آواتار ها

آواتارها به بازنمایی بصری بازیگران انسانی اشاره دارند. آواتار را می‌توان به‌عنوان یک عروسک دیجیتالی در نظر گرفت، شخصیتی که توسط یک بازیگر انسانی آموزش داده می‌شود و به نمایندگی از او عمل می‌کند.(Seymour et al., 2018)

۸-۷-۱- متاورس

متاورس به معنی جهان پساواقعیت است، یک محیط چند کاربره دائمی و پایدار که واقعیت فیزیکی را با واقعیت مجازی دیجیتال ادغام می‌کند(Mystakidis, 2022).

۸-۱- جمع‌بندی فصل

در این فصل مقدمه، بیان مسئله، ضرورت انجام تحقیق، فرضیات و سؤالات پژوهش، واژگان کلیدی، ارائه شد که در فصل‌های بعدی بخش اعظم پژوهش مفصلا توضیح داده خواهد شد.

**فصل دوم**

**پیشینه و ادبیات موضوعی**

فصل ۲

**ادبیات و پیشینه تحقیق**

۱-۲- مقدمه

ارتباطات غیرکلامی نقش اساسی در تعاملات رو در رو ایفا می کند و افراد را قادر می سازد تا احساسات، و مقاصد خود را از طریق ژست‌ها، حالات چهره، زبان بدن و سایر علائم منتقل کنند. ظهور و پیشرفت فضاهای مجازی چند کاربره در سه دهه اخیر، کاربران را با شیوه‌ جدیدی از ارتباطات غیرکلامی آشنا کرده است. در متاورس، جایی که حضور فیزیکی با آواتارهای دیجیتالی جایگزین می‌شود، درک چگونگی تجلی و تفسیر ارتباطات غیرکلامی برای ایجاد تجارب مجازی فراگیر بسیار ضروری است.

ادبیات ارتباطات غیرکلامی در متاورس طیف وسیعی از موضوعات و رویکردهای پژوهشی را در بر می گیرد. مطالعات قبلی جنبه‌های مختلف ارتباط غیرکلامی، از جمله شخصی‌سازی آواتار، حرکات مجازی، حالات چهره و نشانه‌های فرازبانی را بررسی کرده‌اند. هدف این مطالعات کشف مکانیسم‌هایی است که از طریق آن کاربران سیگنال‌های غیرکلامی را بیان و درک می‌کنند.

این پژوهش با بررسی و ترکیب ادبیات موجود، به دنبال ارائه یک نمای کلی از وضعیت فعلی دانش در این زمینه است. در بخش‌های بعدی این فصل، به موضوعات کلیدی و یافته‌های مطالعات قبلی می‌پردازیم و چارچوب‌های نظری، روش‌شناسی و شواهد تجربی را برجسته می‌کنیم که به درک ما از ارتباطات غیرکلامی در متاورس کمک می‌کنند.

۲-۲- ارتباطات

انسان‌ها موجودات اجتماعی هستند و ارتباطات[[21]](#footnote-21) نقشی اساسی در زندگی آن‌ها دارد. بشر بیشتر ساعات بیداری خود را در تماس با افراد دیگر صرف یادگیری، کار، بازی، قرار ملاقات، فرزندپروری، مذاکره، خرید، فروش، متقاعد کردن یا صحبت کردن است. انسان‌ها نه تنها با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند، بلکه آنها یکدیگر را در تلویزیون و ویدیوها تماشا می‌کنند، به رادیو گفتگو گوش می‌دهند، با تلفن های همراه و اتاق های گفتگو ارتباط برقرار می‌کنند و در کنفرانس‌های ویدئویی ملاقات می‌کنند(Burgoon, J.K., Manusov, V., & Guerrero, 2021). در واقع، ماهر بودن در برقراری ارتباط، چشم انداز فرد را برای حفظ یک زندگی شاد، سالم و سازنده افزایش می دهد. پس در ابتدا لازم است تا تعریفی فراگیر از این اصل مهم بیان شود.

ارتباطات به عنوان تبادل کلمات بین افراد یا بین یک فرد و یک گروه تعریف شده است. به گفته بورگون و همکارانش(Burgoon et al., 2016)، «ارتباطات شامل فرآیند ایجاد معانی مشترک از طریق تبادل نشانه ها[[22]](#footnote-22) و نمادها[[23]](#footnote-23) است». این نشانه ها می توانند اشکال مختلفی مانند کلمات گفتاری، نمادهای نوشتاری یا حتی حس لامسه داشته باشند. با این حال، ارتباطات فراتر از کلمات است و ارتباطات غیرکلامی معانی جدیدی را به ارتباطات بین فردی[[24]](#footnote-24) اضافه می‌کند.

**۳-۲- ارتباطات کلامی و غیر کلامی**

ارتباطات کلامی[[25]](#footnote-25) به استفاده از کلمات[[26]](#footnote-26)، گفتاری یا نوشتاری برای انتقال پیام و تبادل اطلاعات اشاره دارد. این شامل استفاده از زبان، دستور زبان، و واژگان برای بیان ایده ها، افکار و احساسات است. ارتباطات کلامی متکی بر کلام گفتاری یا نوشتاری است و می تواند در معنای آن دقیق و صریح باشد.

از سوی دیگر، ارتباطات غیرکلامی همه اشکال ارتباطی به جز کلمات است. این شامل حالات چهره، حرکات، زبان بدن، تماس چشمی، لحن صدا، وضعیت بدنی و سایر نشانه های غیر زبانی برای انتقال معنا و بیان احساسات است. ارتباطات غیرکلامی اغلب با افزودن زمینه، تأکید و تفاوت های ظریف به پیام، ارتباط کلامی را تکمیل و تقویت می کند. می تواند نگرش ها، احساسات، نیات و پویایی های اجتماعی را منتقل کند(Buck & VanLear, 2002)(Knapp et al., 2013).

تعاریف اولیه ارتباطات غیرکلامی نشان می‌دهد که این ارتباطات به کلمات یا زبان وابسته نیست. با این حال، این تعریف تاحدودی دقیق نیست و یک تمایز بین ارتباط کلامی و غیرکلامی ایجاد می کند. در واقع، ارتباط غیرکلامی با ارتباط کلامی تفاوت دارد، زیرا ارتباطی است که زبانی نیست، به همین دلیل است که زبان اشاره آمریکایی، برای مثال، ارتباط کلامی در نظر گرفته می شود(Bonaccio et al., 2016).

ارتباطات غیرکلامی نقش مهمی را در تمام جنبه‌های زندگی اجتماعی بازی می‌کند. تقریباً هیچ حوزه ای از تجربه اجتماعی وجود ندارد که به آن مرتبط نباشد. ارتباطات غیر‌کلامی به عنوان رفتار صورت، بدن یا صدا منهای محتوای زبانی[[27]](#footnote-27)، به عبارت دیگر، همه چیز به جز کلمات تعریف می شود. مطالعه ارتباطات غیر‌کلامی انسان گسترده است و شامل تحقیق در زمینه‌های مختلف می شود(Hall et al., 2019).

تفاوت اصلی ارتباط کلامی و غیرکلامی در نحوه بیان است. ارتباط کلامی بر زبان و کلمات متکی است، ارتباط غیرکلامی شامل استفاده از نشانه های دیداری و رفتاری است. در حالی که ارتباط کلامی صریح و در درجه اول بر محتوای پیام متمرکز است، ارتباط غیرکلامی اغلب ظریف‌تر است و می‌تواند لایه‌های بیشتری از معنا را منتقل کند. هر دو شکل ارتباط مهم هستند و باهم کار می‌کنند تا تعامل بین فردی را تسهیل کنند(Jackob et al., 2011).

علیرغم این تمایز، ارتباطات کلامی و غیرکلامی از چندین جهت مرتبط هستند. رفتار غیرکلامی[[28]](#footnote-28) می‌تواند گفتمان کلامی[[29]](#footnote-29) را تکرار کند (مثلاً تکان دادن سر برای نشان دادن موافقت)، آن را جایگزین کند (مثلا چرخاندن جهت دید به منظور تحقیر)، مکمل آن باشد (مثلاً سرخ شدن در هنگام صحبت با یک فرد ترسناک)، بر آن تأکید کند (مثلاً. ، سیلی به پشت سر کسی پس از یک شوخی) یا مخالفت با آن (مثلاً پاک کردن اشک در حالی که ادعا می کند خوب است)(Bonaccio et al., 2016).

رشد سریع مطالعات غیرکلامی به عنوان یک رشته متمایز را می توان به عوامل مختلف اجتماعی و دانشگاهی در طول دهه های 1950 و 1960 در ایالات متحده نسبت داد. فرهنگ آن زمان جامعه‌ی آمریکا به نحوی بود که خلاقیت را پرورش می‌داد و پذیرای تغییرات گسترده بود. در نتیجه، مواجهه عمومی با تصاویر بصری افزایش یافت، و باعث تاکید بیشتر روابط انسانی شد. توانایی اجرای فیلم در حرکت آهسته و توقف کردن بر روی لحظه‌ای خاص از فیلم در طی این دهه میسر شد و پیشرفت این فناوری برای تحلیل‌های بصری برای بسیاری از مطالعات رفتارهای غیرکلامی ضروری بود. در نتیجه این تغییرات، تمرکز و توجه بیشتری به علوم انسانی منعطف و زمینه‌ی مناسب برای ظهور و توسعه حوزه مطالعات غیرکلامی ایجاد شد(Hall & Knapp, 2013).

در طول سال‌ها، تحقیقات در مورد ارتباطات غیرکلامی، با استفاده از روش‌شناسی‌های مختلف و رویکردهای بین‌رشته‌ای، تکامل یافته است. محققان از حوزه‌هایی مانند روان‌شناسی، جامعه‌شناسی، انسان‌شناسی و زبان‌شناسی برای تعمیق درک خود از رفتار غیرکلامی استفاده کرده‌اند. از طریق مطالعات تجربی، مشاهدات و آزمایش‌ها، محققان سهم قابل توجهی در دانش کنونی از ارتباطات غیرکلامی و نقش آن در زمینه‌های متنوعی مانند تعاملات اجتماعی، روابط، تجارت، سیاست و تبادلات بین فرهنگی داشته‌اند.

مطالعه ارتباطات غیرکلامی همچنان به تکامل خود ادامه می‌دهد، زیرا فناوری‌های جدید و پلتفرم‌های دیجیتال راه‌های منحصربه‌فردی برای ارتباطات ارائه می‌دهند. با ظهور محیط‌های مجازی، رسانه‌های اجتماعی و کنفرانس‌های ویدئویی، محققان در حال بررسی چگونگی تجلی و تفسیر نشانه‌های غیرکلامی در این زمینه‌ها هستند. این زمینه مطالعاتی پویا دارای پتانسیل بسیار زیادی برای کشف پیچیدگی‌های ارتباطات انسانی و افزایش درک ما از نحوه شکل‌گیری نشانه‌های غیرکلامی بر تعاملات و ادراکات ما است.

از آنجایی که ارتباطات غیرکلامی خود را در غالب رفتارهای غیرکلامی[[30]](#footnote-30) نشان می‌دهند. برای دسته‌بندی مؤثر ارتباطات غیرکلامی، ایجاد تعاریف روشن برای رفتارهای غیرکلامی مختلف ضروری است تا از درک جامع و طبقه‌بندی دقیق این رفتارها اطمینان حاصل شود. با تعریف دقیق رفتارهای غیرکلامی، محققان می توانند پایه‌ی محکمی برای سیستم‌های کدگذاری خود ایجاد کنند و امکان تجزیه و تحلیل ارتباطات غیرکلامی را در مطالعات خود فراهم کنند.

**۳-۲-1 دسته‌بندی و مطالعه‌ی رفتارهای غیرکلامی**

رفتارهای غیرکلامی به نشانه‌ها و عبارات ارتباطی اشاره دارد که بدون استفاده از کلمات یا زبان گفتاری منتقل می شود. آنها طیف وسیعی از اعمال، حرکات، حالات چهره، حرکات بدن، وضعیت ها، تماس چشمی، لحن صوتی و سایر سیگنال های غیرکلامی را در بر می گیرند که معنا و اطلاعات را در تعاملات بین فردی منتقل می کنند(Bonaccio et al., 2016).

رفتارهای غیرکلامی متنوع و گسترده هستند. پیشرفت قابل توجهی در حوزه‌های مختلف غیرکلامی صورت گرفته است، جایی که محققان کدهای رفتاری را توسعه داده و آزمایش کرده‌اند. این کدها توسط محققان در آزمایشگاه‌های مختلف برای شناسایی و برچسب‌گذاری رفتارهای یکسان استفاده می‌شود. یک سیستم کدگذاری شامل مفهوم‌سازی[[31]](#footnote-31)، تقسیم‌بندی[[32]](#footnote-32) و طبقه‌بندی[[33]](#footnote-33) رفتارها به واحدهای متمایز و متقابل منحصربه‌فرد[[34]](#footnote-34) است. حوزه‌ی رفتارهای غیرکلامی به ۵ بخش‌ مختلف، حالات چهره[[35]](#footnote-35) (کنش‌های چهره)، نشانه‌های صوتی[[36]](#footnote-36)، پروکسمیک[[37]](#footnote-37) (استفاده و درک فضا)، جهت نگاه[[38]](#footnote-38)، و حرکت[[39]](#footnote-39) (حرکت سر، بدن، بازوها و پاها) تقسیم می‌شوند و در جدول ۲-۱ نمایش داده شده‌اند. این بخش‌ها به‌عنوان ابزارهای مناسب برای اهداف تحقیقاتی عمل می‌کنند، اما مهم است که بدانیم رفتارهای غیرکلامی، صوتی[[40]](#footnote-40) و کلامی به هم مرتبط هستند و در تعاملات اجتماعی همخوانی دارند (Hall & Knapp, 2013).

**جدول ۲-۱: دسته‌بندی یا کدبندی رفتارهای غیرکلامی**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **نوع رفتار غیرکلامی** | **معادل لاتین** | **مثال** |
| حالات چهره (کنش‌های چهره) | **Facial Expression** | خندیدن، اخم کردن |
| نشانه‌های صوتی | **Vocal Cues** | تُن، سرعت حرف زدن |
| فاصله یا پروکسمیک | **Proxemics** | رعایت فاصله‌ی شخصی در صحبت با دیگران |
| جهت نگاه | **Gaze** | خودداری از تماس چشمی، تغییر جهت نگاه |
| حرکت بدن یا کنیزیک  (حرکت سر، بدن، دست و بازوها و پاها) | **Kinesics** | تکان دادن دست به منظور خداحافظی، تکان دادن سر به منظور تایید |

**۳-۲-1-1 حالات چهره**

حالات چهره با جابه‌جایی ماهیچه‌های صورت در زیر پوست نمایان می‌شوند و احساسات و هیجانات درونی فرد را منتقل می‌کنند(Ekman, 1993). به عبارتی، چهره، دروازه هویت و روح است(Kappas, 1997).

**۳-۲-1-۲ نشانه‌های صوتی**

نشانه‌های صوتی در ارتباطات غیرکلامی به جنبه‌های مختلف صدا و گفتار اشاره دارد که بدون تکیه بر کلمات واقعی گفته شده، معنا و بیان احساسی را منتقل می‌کنند. آنها شامل لحن[[41]](#footnote-41)، زیر و بم[[42]](#footnote-42)، حجم[[43]](#footnote-43)، ریتم[[44]](#footnote-44) و سایر ویژگی‌های صوتی هستند که پیام کلامی را تکمیل یا تغییر می‌دهند. نشانه‌های صوتی می‌توانند به طور قابل توجهی بر نحوه تفسیر و درک پیام توسط دیگران تأثیر بگذارند، زیرا لایه‌های بیشتری از معنا و زمینه عاطفی را برای کلمات گفتاری فراهم می‌کنند(Burgoon et al., 2016)(Hall & Knapp, 2013).

**۳-۲-1-۳ فاصله یا پروکسمیک**

حوزه پروکسمیک به مطالعه چگونگی استفاده و درک افراد از فضا در تعاملات اجتماعی اشاره دارد. این شامل درک چگونگی ایجاد و حفظ فاصله‌های بین فردی اشخاص و همچنین تأثیر روابط فضایی بر ارتباطات و رفتار اجتماعی است. پروکسمیک به بررسی عوامل فرهنگی، اجتماعی و شخصی می‌پردازد که بر استفاده افراد از فضا و واکنش آنها به نزدیکی دیگران تأثیر می‌گذارد.

**۳-۲-1-۴ جهت نگاه**

جهت نگاه به جهت و تمرکز توجه بصری فرد در طول تعاملات بین فردی اشاره دارد. این شامل عمل نگاه کردن به شخص، شی یا مکان خاص و همچنین مدت و شدت نگاه است. جهت نگاه نقش مهمی در ارتباطات ایفا می کند، زیرا سیگنال‌های اجتماعی، عاطفی و شناختی مختلفی را منتقل می کند. جهت نگاه در بین رفتارهای غیرکلامی منحصر به فرد است زیرا هم برای دریافت و هم برای ارسال اطلاعات استفاده می‌شود.

**۳-۲-1-۵ حرکت بدن(‌Body Movements) یا کنیزیک (Kinesics)**

اصطلاح کنیزیک از کلمه یونانی برای "حرکت" گرفته شده است و به تمام اشکال حرکت بدن، به استثنای تماس فیزیکی با بدن دیگران، اشاره دارد. اصطلاح معروف زبان بدن تقریباً منحصراً به این رفتار غیرکلامی مربوط می شود. کینزیک شامل حرکات صورت، چشم، سر، تنه، اندام، دست و پا و همچنین وضعیت بدنی و راه رفتن است(Judee K Burgoon, Valerie Manusov, 2009). اکمن و فریسن (1969) پنج نوع جزء کینزیک را توسعه دادند که به حرکات بدن نیز معروف است: نماد‌ها[[45]](#footnote-45)، نمایانگرها[[46]](#footnote-46)، تنظیم‌گرها[[47]](#footnote-47)، خودتعدیل‌کننده‌ها[[48]](#footnote-48)، و نمایش عاطفه[[49]](#footnote-49) که در جدول 2-1 نمایش داده شده‌اند.

**جدول ۲-۱: چند نمونه از نمادها در حرکت دست یا ژست دست**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **نوع حرکت بدن یا کنیزیک** | **معادل لاتین** | **تعریف** |
| نمادها | **Emblems** | نمادها حرکات بدن هستند که می توانند اطلاعات را بدون استفاده از ارتباط کلامی حمل کنند. برای مثال، Thumb up به معنای خوب، تکان دادن دست به معنای خداحافظی |
| نمایانگرها | **Illustrator** | نمایانگرها حرکات بدن هستند که یک پیام کامل را با یا بدون ارتباط کلامی منتقل می کنند. به عنوان مثال، شخصی در حال نشان دادن مسیرهای نحوه دسترسی به بانک با دست و توضیح شفاهی است. |
| نمایشگرهای عاطفه | **Affect Display** | نمایشگرهای عاطفه، حرکات بدن هستند که با احساسات مرتبط هستند. به عنوان مثال، بدنی در حال افتادن، بدنی آرام و بدنی با اعتماد به نفس. |
| تنظیم‌کننده‌ها | **Regulators** | تنظیم‌‌کننده‌ها حرکات بدن هستند که بر اقدامات بیشتر تاکید دارند. همچنین نوبت گرفتن در مکالمات را تعیین می کنند |
| خودتعدیل‌کننده‌ها | **Self-Adaptors** | خود تعدیل‌کننده‌ها یا خود آداپتورها وقتی اتفاق می‌افتند که قسمتی از بدن با قسمت دیگری از بدن تماس داشته باشد مانند هنگام آراستن، خاراندن سر یا مالش دست‌ها به یکدیگر. |

از آنجایی که ما منحصراً به حرکت دست‌ها در محیط مجازی یا متاورس می‌پردازیم، از توضیح بیشتر در مورد دسته‌بندی رفتارهای غیرکلامی خودداری کرده و مفصلاً حرکت دست‌ها (ژست‌های دست) به عنوان یک زیر مجموعه از کنیزیک یا حرکت بدن را تشریح می‌کنیم.

**ژست بدن و دست (حرکت بدن و دست)**

ژست بدن حرکت دست‌ها و بازوها به عنوان یک رفتار غیرکلامی و با نام ژست‌های دست شناخته می‌شود و خود زیرمجموعه‌ای از ژست‌های بدن هستند. ژست‌ها در طول مکالمه به صورت عامدانه به منظور رساندن پیام خاصی توسط اشخاص به کار می‌روند (Hall et al., 2019). اکنون شواهد قابل‌توجهی وجود دارد که از این ایده حمایت می‌کند که ژست‌بدن و گفتار از نظر اطلاعات، معنا و تأکید صوتی به هم مرتبط هستند. علاوه بر این، ژست‌ها و سایر حرکات بدن در انتقال احساسات و نگرش‌های بین فردی نقش دارند.

محققان سه نوع اصلی از ژست‌ها را شناسایی کرده‌اند: نماد‌ها، نمایانگر‌ها و تنظیم کننده‌ها(Ekman & Friesen, 1969).

**نمادها**

حرکاتی که به عنوان نماد شناخته می‌شوند، در مطالعات مختلف نام‌های مختلفی مانند ژست‌های خودمختار[[50]](#footnote-50)، ژست های نشانه شناختی[[51]](#footnote-51) و ژست های نمادین[[52]](#footnote-52) داده شده‌اند. نمادها حرکاتی هستند که معنای کلامی خاصی دارند و می توانند مستقل از کلمات گفتاری عمل کنند(Goldin-Meadow & Brentari, 2017). به عنوان مثال، تکان دادن سر از این طرف به طرف دیگر به معنای "نه" است، در حالی که نگه داشتن انگشت سبابه به صورت عمود بر لب ها به معنای "ساکت باشید". نمادها هم از نظر ظاهر فیزیکی و هم در معنایشان در فرهنگ های مختلف تفاوت هایی را نشان می‌دهند. برخی از نمادها منحصر به فرهنگ‌های خاص هستند و در فرهنگ‌های مختلف معانی مختلفی را منتقل می‌کنند(Hall & Knapp, 2013).

**جدول ۲-۲: چند نمونه از نمادها در حرکت دست یا ژست دست**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **تصویر نماد** | **نام لاتین** | **معنی** |
|  | **Point Up** | «اجازه گرفتن» |
|  | **Thumbs UP** | به معنای «OK» در کشورهای انگلیسی، «حرف بزن» یا «بلند کردن صدا» در قسمت‌هایی از آمریکای جنوبی، نشان دهنده‌ی «عدد ۵» در قسمت هایی از آسیا و توهین در بخش‌هایی از خاورمیانه(McNeill, 2016) |
|  | **Thumbs Down** | به معنای «بد» یا «مخالفت» و در رم باستان به معنای «صدور حکم مرگ» |
|  | **The “V” Sign** | «پیروزی» یا «صلح» در کشورهای غربی و ایران(منصور حسام‌زاده, 2010) |

**ادامه جدول ۲-۲: چند نمونه از نماد‌ها در حرکت دست یا ژست دست**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **تصویر نماد** | **نام لاتین** | **معنی** |
|  | **Open Palm** | به معنای «ایست» یا «عدد ۵» |

**نمایانگرها**

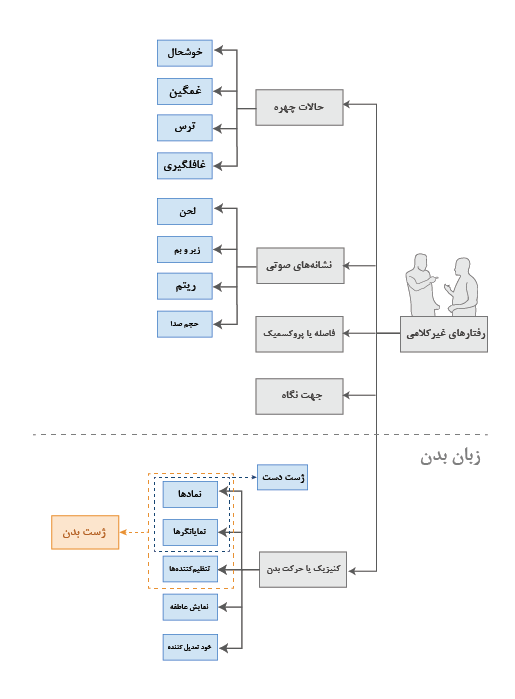
استفاده از نمایانگرها به درک شنونده و شکل‌گیری یک مفهوم ذهنی کمک می‌کند. مانند گفتن چیزی «به این بزرگی» و نشان دادن طول آن با فاصله‌ی بین دست‌ها(Mehrabian, 1971). علاوه بر این، مشخص شده است که استفاده از نمایانگرها در حین صحبت برای گوینده نیز مفید است، و منجر به حفظ بهتر اطلاعات در طول زمان می شود(Church et al., 2007).

انسان‌ها تمایل دارند هنگام صحبت با کسی که می توانند ببینند از نمایانگرها استفاده کنند، در مقایسه با زمانی که با کسی صحبت می کنند که نمی‌توانند ببینند. با این حال، مواردی وجود دارد که افراد ممکن است همچنان از این ژست‌ها استفاده کنند، حتی زمانی که توسط دیگران مشاهده نمی‌شوند یا هنگام برقراری ارتباط با افراد نابینا. این رفتار می‌تواند از روی عادت باشد، اما همچنین می تواند تحت تأثیر ارتباط بین حرکات خاص و ویژگی های معنایی کلمات همراه باشد. وقتی کلمات دارای یک مؤلفه حرکتی قوی در معنای خود هستند، بدون توجه به اینکه شنونده می تواند ژست را ببیند یا نه، به احتمال زیاد ژست نمایانگر مربوطه رخ می‌دهد.(Hall & Knapp, 2013)

علاوه بر این، استفاده از نمایانگر توسط سخنرانان می تواند بر نحوه درک دیگران از شخصیت آنها تأثیر بگذارد. تحقیقات نشان داده است که افرادی که در حین صحبت کردن از ژست‌ها استفاده می‌کنند، اغلب از سوی شنوندگان به‌عنوان خوش‌نظم‌تر و شایسته‌تر شناخته می‌شوند. علاوه بر این، شنوندگان نسبت به کسانی که از ژست‌ها استفاده نمی‌کنند، نسبت به سخنرانانی که از ژست‌ها در ارتباطات خود استفاده می‌کنند، تصور مطلوب‌تری دارند(Kelly & Goldsmith, 2004).

**تنظیم‌کننده‌ها**

تنظیم کننده ها حرکات بدنی هستند که برای کنترل جریان مکالمه استفاده می‌شوند. آن‌ها اهداف مختلفی را دنبال می‌کنند و می‌توانند در زمینه‌های مختلف مشاهده شوند. برای مثال، ژست‌ها می‌توانند به‌عنوان سیگنالی برای سرکوب تلاش‌های دیگران برای تسلط بر مکالمه به کار گرفته شوند، و به طور مؤثری نوبت صحبت کردن فرد حفظ شود. از سوی دیگر، هنگامی که یک گوینده از ژست دست می‌کشد، می‌تواند به عنوان نشانه‌ای عمل کند تا صحبت را به طرف مقابل بدهد و نشان‌دهنده دعوت از او برای صحبت کردن باشد. تنظیم کننده‌ها همچنین وظایفی مانند درخواست یا رد اطلاعات اضافی، هدایت توجه شنونده و پذیرش یا رد پیشنهادات گوینده دارند. در شرایطی که افراد در حال جدایی هستند، ممکن است از تنظیم کننده ها نیز استفاده شود، مانند ژست دست تکان دادن.

شکل ۲-۱: رفتارهای غیرکلامی و ارتباط بین آن‌ها

**۴-۲- بینایی کامپیوتر**

بینایی رایانه یک زمینه مطالعاتی در حال پیشرفت که بر روی توانمند ساختن رایانه ها برای درک و تفسیر اطلاعات بصری از تصاویر یا فیلم ها تمرکز دارد. هدف آن بازسازی توانایی سیستم بینایی انسان برای درک، تجزیه و تحلیل و درک داده های بصری است. الگوریتم‌ها و تکنیک‌های بینایی کامپیوتری برای استخراج اطلاعات معنی‌دار از تصاویر دیجیتالی مانند تشخیص اشیا، درک صحنه، تقسیم‌بندی تصویر و تحلیل حرکت طراحی شده‌اند. این قابلیت‌ها در حوزه‌های مختلفی از جمله وسایل نقلیه خودران، سیستم‌های نظارتی، تصویربرداری پزشکی، واقعیت افزوده و روباتیک کاربرد پیدا کرده‌اند. با افزایش دسترسی به داده‌های بصری در مقیاس بزرگ و پیشرفت‌ها در یادگیری ماشین و تکنیک‌های یادگیری عمیق، بینایی کامپیوتر شاهد پیشرفت قابل‌توجهی بوده است و مرزهای آنچه را که ماشین‌ها می‌توانند از ورودی بصری درک و درک کنند، افزایش داده است(Khan et al., 2021).

**۵-۲- پیشینه تحقیق**

در ادامه به بررسی برخی از پژوهشهای پیشین در حوزه ارتباطات کلامی و غیرکلامی در جلسات مجازی و محیطی متاورس پرداخته می‌شود.

کورزوگ و همکاران(Kurzweg et al., 2021) در پژوهشی که بر روی استفاده از زبان بدن آواتارها در جلسات واقعیت مجازی و تاثیر آن بر کیفیت مکالمه انجام داده است به نتایج مختلفی دست یافته از جمله: ۱- رفتار یک آواتار می‌تواند اطلاعاتی در مورد اینکه شخص با دقت به یک مکالمه گوش می‌کند و تمایل به برقراری ارتباط دارد را نشان دهد.۲ - زبان بدن در ارتباطات آواتارها ربطی به جنسیت آواتار ندارد. ۳- اشخاصی که آواتار آن‌ها در حال انجام فعالیت دیگری غیر از گوش دادن به مکالمه هستند به عنوان شخص مشغول تلقی می‌شوند. ۴- برخی از رفتار‌های آواتارها به خوبی توسط اشخاص درک نمی‌شوند مثل: دست به سینه نشستن آواتار یا مضطرب بودن آن‌ها. به طور کلی رفتارهای متفاوت از آواتارها باعث غنی‌تر شدن مکالمه‌های مجازی می‌شود.

در طراحی سیستم کورزوگ برای هر یک از آواتار‌ها رفتارهای از پیش‌تعیین‌شده‌ای به صورت انیمیشن طراحی کرده و به صورت بلادرنگ رفتار کاربر خود را نمایش نمی‌دهد، پس رفتار آواتارها نمی‌تواند به خوبی شخصیت کاربر خود را به بقیه نمایش دهد. به ویژه در بخش نمایش ژست بدن برای نشان دادن نمادها، نمایانگر‌ها و تنظیم کننده‌ها برنامه‌ای ندارد که از نقاط ضعف اساسی این سیستم برشمرده می‌شود.

هریهاران و همکاران(Hariharan et al., 2014) در پژوهشی به تشخیص ژست بدن با استفاده از کینکت[[53]](#footnote-53) در محیط کلاس مجازی پرداخته است. در این پژوهش برای بیشتر شدن تعامل در محیط کلاس مجازی با استفاده از سنسور کینکت به تشخیص ژست و حالت بدن دانش‌آموزان می‌پردازد و با تشخیص حالت بدن دانش‌آموزی که مشتاق شرکت در بحث هست و یا دستش را به نشانه سوال بالا برده روی او زوم می‌کند تا در جلسه مجازی مشارکت کند.

در سیستم طراحی شده هریهاران از سنسور مایکروسافت کینکت استفاده شده که در حال حاظر از طرف شرکت مایکروسافت پشتیبانی نمی‌شود و تهیه آن برای کاربران هزینه‌ی اضافی را دربر خواهد داشت.

در پژوهشی دیگر بروسارد و همکاران (Broussard et al., 2021) اظهار داشتند کلاس‌های مجازی که به روش شبکه‌های واقعیت مجازی برگزار می‌شوند، در مقایسه با جلسات حضوری، اطلاعات زیادی در مورد اقدامات و توجه مخاطبان، مثل حرکت‌های ظریف صورت و بدن در دست نیست. پس برای برطرف کردن این موضوع رابطی برای آگاهی معلم از دانش‌آموزان و اقدامات آن‌ها طراحی کرده‌اند. این رابط کاربری از آواتار‌های واقع‌گرا و احساسات روی صورت و ژست بدن افراد استفاده نکرده است، بلکه اطلاعات مربوط به حالت بدن و احساسات اشخاص به صورت گرافیکی،کارتونی و با متن نشان داده شده‌اند. همچنین ژست و حالت بدن افراد قابل نمایش نیست که باعث تضعیف کیفیت ارتباطی سیستم می‌شود.

ابورومن و همکاران(Aburumman et al., 2022) ارتباطات غیرکلامی در محیط واقعیت مجازی را با تاکید بر روی حرکات سر بررسی کرده‌اند. قوانین رفتار تکان دادن سر را در انسان‌های مجازی پیاده‌سازی کردند و تأثیر این رفتارها و اینکه آیا منجر به افزایش اعتماد و علاقه نسبت به انسان‌های مجازی می‌شود را آزمایش کردند. در طول تعامل مجازی با استفاده از واقعیت مجازی هدف، نشان دادن ظرفیت انسان‌های مجازی برای تجسم رفتار تعاملی تکان دادن سر بر اساس حرکات طبیعی بود و این نظریه روان‌شناختی را آزمایش کرد که تقلید تکان دادن سر منجر به علاقه و وابستگی می‌شود. شرکت‌کنندگان انسان مجازی را که سر خود را با سخنان ما تکان می‌دهد مثبت‌تر ارزیابی می‌کنند، و همچنین بیشتر به انسان مجازی سر تکان‌دهنده نزدیک می‌شوند که نشان‌دهنده‌ی اعتماد است.

برمکی و هیوز(Barmaki & Hughes, 2018)پژوهشی بر روی معلمان در یک جلسه مجازی انجام داده‌اند. حالت بدن معلم‌ها مورد ارزیابی قرارگرفته و در صورت مشاهده‌ی ژست تدافعی و بسته از طریق یک سیستم بازخورد[[54]](#footnote-54) بصری و لمسی به آن‌ها بازخورد داده می‌شود. در این مقاله اهمیت شناخت رفتارهای ارتباطی غیرکلامی در زمینه تدریس، همراه با کاربردهای مختلف و روش‌های یادگیری ماشین برای طراحی یک برنامه بازخورد وضعیت خودکار توضیح داده شده‌است.

کو و همکاران(Koh et al., 2022) پژوهشی بر روی نقش دست و حرکات بدن در جلسات مجازی برای سنجش میزان مشارکت افراد در جلسات برای تقویت تجربه کلاس مجازی انجام داده است. بر خلاف محیط‌های ملاقات حضوری که در آن شرکت‌کنندگان به‌طور مشترک قرار می‌گیرند به طوری که میزبان‌ها می‌توانند بلافاصله نظرات جمعی بقیه را از طریق نشانه‌های بصری (مانند بالا بردن دست‌ها، انجام حرکات دست، حالات چهره) جویا شوند. پاسخ‌های کلامی، عدم حضور هم‌محل در محیط‌های دور، سنجش چنین نشانه‌های بصری و صوتی را از طریق فناوری کنفرانس ویدیویی دشوارتر می‌کند.این پژوهش پیشنهاد می‌دهد که استفاده از نشانه‌های غیرکلامی به عنوان راهی برای درگیر شدن با میزبان در فعالیت‌های نظرسنجی - مانند انجام حرکات فیزیکی در دید دوربین شرکت‌کنندگان - می‌تواند چالش‌های موجود در محیط‌های جلسه مجازی کاهش دهد.

در پژوهشی لی و همکاران(Le et al., 2020) بر روی جلسات محیط مجازی انجام داده است، از بستر محیط مجازی Mozilla Hubs برای بررسی پتانسیل محیط‌های جلسات مجازی برای ایجاد یک محیط اجتماعی برای شرکت کنندگان از راه دور استفاده می‌کند، که حول محور تماشای پخش زنده ویدیوی گفتگوهای کنفرانس است. این پژوهش مزایا و معایبی را برای محیط مجازی موزیلا هابز برشمرده است. از جمله اینکه افراد می‌توانند در آن پرواز کنند و اینکه می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند، افراد قادر هستند تا اسلاید یا ویدئوهای خود را در این محیط به اشتراک بگذارند. به طور خلاصه، با بهبود فناوری اساسی، جلسات محیط مجازی پتانسیل قابل توجهی را برای گردهمایی های مجازی آینده ارائه می دهند که به طور بالقوه می توانند جایگزین ملاقات های رو در رو شوند. در محیط موزیلا هابز افراد قادر به تشخیص ژست و حالت بدن یکدیگر نیستند و این موضوع باعث تضعیف کیفیت ارتباطی می‌شود.

**شکل ۲-2:  تصویری از محیط موزیلا**

لی و همکاران(Li et al., 2021) در مقاله‌ای جلسات مجازی اجتماعی را به عنوان یک رسانه‌ی جدید برای ارتباطات و همکاری از راه دور مورد پژوهش قرار داده‌اند. در این پژوهش تعدادی از محیط‌های جلسات مجازی مورد بررسی قرار گرفته و مزایا و معایب آن‌ها گفته شده است. با این حال، هدف جلسات مجازی بازسازی کامل واقعیت نیست، بلکه تسهیل و گسترش کانال‌های ارتباطی موجود در دنیای فیزیکی است. در پلتفرم‌های تجاری مانند Facebook Horizon، AlterSpaceVR و VRChat، حالات چهره، صدا، جهت چشم و حرکات بدن کاربر ضبط شده و به صورت بلادرنگ روی آواتار آن کاربر نگاشت می‌شود.

استفاده از محیط‌های جلسه مجازی‌ای مثل فیس‌بوک هورایزن نیازمند برخورداری از یک عینک واقعیت مجازی است که برای کاربران هزینه‌های اضافی را به همراه می‌آورد.

**شکل۲-۳: تصویری دنیای واقعی و مجازی فیس‌بوک هورایزن**

بیرمنگام(Birmingham, 2021) یک تحلیل مقایسه ای از نحوه استفاده و تفسیر کاربران از ارتباطات غیرکلامی به وسیله‌ی آواتارها در محیط های مجازی چند کاربره آنلاین انجام داده‌است. همچنین چارچوبی را برای تجزیه ارتباطات غیرکلامی به منظور اعمال جنبه‌های مختلف ارتباطات غیر کلامی در محیط‌های مجازی ارائه کرده است. این مقاله بررسی می‌کند که چگونه این فرم‌های ترجمه‌شده و جدید ارتباطات غیرکلامی می‌توانند راه‌های بیشتری برای ارتباط مردم از طریق آواتارهای دیجیتال نشان دهد.

سیمور و همکاران(Seymour et al., 2018) در پژوهشی که بر روی پتانسیل‌ها و پیامدهای فناوری چهره‌ی طبیعی و واقع‌گرایانه‌ی آواتارها برای ایجاد حس حضور بصری واقعی انجام داده بیان کرده‌اند که انسان‌ها برای پاسخ به چهره‌ها به روش منحصر به فردی طراحی شده‌اند، چهره‌های واقع‌گرایانه مصنوعی نوید بخش پیشبرد تعامل انسان با ماشین را می‌دهد و آواتارهای واقع‌گرایانه نمایش بازیگران انسانی را در محیط‌های همکاری مجازی با سطوح جدیدی از واقع‌گرایی امکان‌پذیر می‌کنند.

**۶-۲- جمع بندی**

در این فصل بدنه اصلی ادبیات و چارچوب نظری پژوهش توضیح داده‌شد. همچنین مفاهیم اصلی ارتباطات، ارتباطات کلامی و غیرکلامی و زیرمجموعه‌های تشکیل دهنده‌ی آن‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفت. در ادامه با کاوش در تحقیقات و پروژه‌های انجام یافته مرتبط پیشین، روش‌ها و مزایا و معایب پژوهش‌های پیشین مورد مطالعه قرار گرفت.

**فصل سوم**

**روش تحقیق و طراحی**

فصل ۳

**روش تحقیق و طراحی**

**۱-۳- مقدمه**

در این فصل ابتدا به بررسی چگونگی فرآیند اجرای سیستم طراحی‌شده، نوع پژوهش و روش تحقیق، شامل نوع مطالعه، جامعه آماری، حجم نمونه و موارد دیگر توضیح داده می‌شود. سپس مفصلاً محصول ساخته‌شده که محیط مجازی (متاورس) با قابلیت ارسال و دریافت حرکت‌های دست (ژست‌های دست) است، توضیح داده‌ می‌شود. پس از آن مراحل طراحی آزمایشات به منظور تست نظریه‌های تحقیق شرح داده‌ می‌شود و در نهایت نیز روش اجرای آزمایشات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**۲-۳- روش تحقیق**

این تحقیق به روش نیمه‌تجربی اجرا شد. متغیر مستقل وجود یا عدم وجود ژست‌های دست (حرکت‌های دست) به عنوان یک زیرمجموعه از رفتار‌های غیرکلامی در محیط جلسه مجازی است. متغیرهای وابسته ۱) میزان بهبود کیفیت ارتباطات با انتقال حالت و حرکت‌های دست به داخل محیط متاورس و ۲) میزان انتقال و تفهیم پیام ارسال شده از طریق ژست دست در محیط متاورس است.

**۱-۲-۳ روش‌های آماری**

این پژوهش از نوع مطالعات توصیفی-آزمایشی با رویكردی کاربردی است که از طریق تحلیل داده‌های کمی و کیفی حاصل از آزمونها به فرضیات خود پاسخ می‌دهد. تمامی شرکت کنندگان نیز به صورت درون آزمودنی[[55]](#footnote-55) در آزمون‌های طراحی شده شرکت کردند.

**۲-۲-۳ جمعیت مطالعه**

جامعه آماری این پژوهش دانشجویان دانشگاه هنر اسلامی تبریز خواهند بود.

**۳-۲-۳ حجم نمونه**

دانشجویانی که تمایل به همکاری و شرکت در پژوهش و توانایی برقراری ارتباط را داشته باشند؛ به روش تصادفی ۴۰ نفر از آن‌ها را انتخاب می‌کنیم. از آن‌جایی که هدف اختصاصی ما اندازه‌گیری میزان انتقال پیام از طریق ژست بدن است و زنان و مردان در انتقال و تفهیم ژست بدن با یکدیگر تفاوت چندانی ندارند بلکه از نظر نوع ژست‌بدن مورد استفاده و تعدد استفاده از ژست‌های بدن متفاوت هستند و این موضوع مورد به مورد نیز متفاوت می‌باشد. پس محدودیتی در جنسیت افراد وجود نخواهد داشت. پس از طراحی سیستم در جلسه‌ی مجازی طراحی شده شرکت خواهند کرد و بعد از پایان یافتن جلسه دیدگاه‌ها و تجربه‌ی ارتباطی خود از طرف مقابل در جلسه را به وسیله‌ی پرسشنامه و مصاحبه پاسخ خواهند داد.

**۴-۲-۳ مکان و زمان انجام آزمایش**

آزمون‌های این پژوهش به منظور شبیه‌سازی شرایط کنفرانس‌های ویدئویی به صورت از راه دور و از طریق ارتباط اینترنتی انجام شد.

**۵-۲-۳ معیارهای ورود به مطالعه**

۱- آشنایی با رایانه و استفاده از آن حداقل یک‌بار در هفته.

۲- آشنایی با جلسات مجازی و داشتن تجربه بازی رایانه‌ای سه بعدی.

۳- دسترسی به کامپیوتر شخصی و وبکم

**۶-۲-۳- ارزیابی کیفیت ارتباطات**

به منظور اندازه گیری و ارزیابی کیفیت ارتباطات محیط متاورس طراحی شده، دو آزمون کنترل‌شده طراحی شد و نمونه‌ها به صورت درون آزمودنی در هر دو آزمون شرکت کردند. براي برقراري تعادل بين كاربران تقسيم كاربران به دودسته صورت گرفت تا بتوان براي ارزيابی به نتيجه منصفانه دست يافت. در آزمون اول امکان انتقال حرکات دست وجود ندارد و کاربران با استفاده از صدای خود و تماشای آواتار نشسته فرد مقابل خود با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. در آزمون دوم امکان ارسال حرکات دست از طریق آوارتارها فراهم است و افراد می‌توانند علاوه بر شنیدن به طرف مقابل حرکات دست او را که توسط آواتار تقلید می‌شوند مشاهده کنند؛ همچنین حرکات دست خود را از طریق آواتار مربوطه به طرف مقابل نمایش دهند. پس از انجام آزمون برای اندازه گیری کیفیت ارتباطات ما سه مؤلفه:

درک متقابل[[56]](#footnote-56)، غنای رسانه[[57]](#footnote-57)، حضور اجتماعی[[58]](#footnote-58)، غنای اجتماعی[[59]](#footnote-59) با استفاده از پرسشنامه های غنای رسانه و TPI و درک متقابل اندازه‌گیری کردیم.(Cornelius & Boos, 2003)(Lombard et al., 2009)(Short et al., 1976).

**طراحی سناریو ارتباط مجازی:** به منظور برقراری ارتباط در محیط مجازی، سناریویی در جهت این امر طراحی شد. مطالعه‌ی انجام شده توسط هاستتر(Hostetter, 2011) که با هدف تجزیه و تحلیل تأثیر حرکات بر درک پیام‌های گفتاری در طول مکالمه انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد ژست‌ها زمانی در ارتباطات مؤثرتر هستند که با افزودن جزئیات جدید یا تأکید بر برخی نکات، ارتباط کلامی را تکمیل می‌کنند. بنابراین سناریو بدین صورت طراحی شد که دو نفر به صورت آنلاین در یک جلسه‌ی آموزشی-مصاحبه شرکت می‌کنند. فرد مصاحبه‌گر در ابتدا به‌منظور آشنا کردن نمونه با محیط مجازی، خود را معرفی، اطلاعات شخصی نمونه را جمع‌آوری و ادامه‌ی جلسه‌ی مجازی را برای نمونه توضیح می‌دهد. پس از آشنا شدن نمونه با محیط مجازی و آزمایش، مصاحبه‌گر دو مفهوم علمی از بین مفاهیم علمی «جدول ۳-۱» به صورت تصادفی انتخاب می‌کند و برای نمونه توضیح (تدریس) می‌دهد (مفاهیم علمی به صورتی انتخاب شده‌اند که انجام حرکات دست جزئیاتی جدید به ارتباط کلامی اضافه می‌کند). پس از اطمینان حاصل از یادگیری مفهوم توسط نمونه، از او خواسته می‌شود تا مفهوم علمی تدریس شده را برای مصاحبه‌گر طبق آنچه یادگرفته بازگو نماید. پس از پایان بازگو کردن مفهوم توسط نمونه، پرسشنامه‌های مربوطه برای پرکردن به نمونه داده می‌شود.

**جدول ۳-۱: چند نمونه از مفاهیم علمی انتقال داده شده در جلسه مجازی**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **مفهوم علمی** | **معادل لاتین** | **تعریف** |
| متد لوکای | **Method of Loci** | متد لوکای یک استراتژی برای تقویت حافظه است که از تجسم محیط های فضایی آشنا به منظور افزایش یادآوری اطلاعات استفاده می کند(Lea, 1975). |
| نظریه لایه‌های زمین | **Plate Tectonics** | تکتونیک صفحه ای نظریه علمی پذیرفته شده ای است که لیتوسفر زمین را شامل تعدادی صفحات بزرگ می‌داند که از حدود ۳.۴ میلیارد سال پیش به آرامی در حال حرکت بوده اند(Le Pichon et al., 2013). |
| تشکیل ملکول آب | **Water Formation** | پیوندهای هیدروژنی بین اتم های هیدروژن و اکسیژن همسایه مولکول های آب مجاور تشکیل می‌شود. جاذبه بین مولکول‌های آب، پیوندی به نام پیوند هیدروژنی ایجاد می‌کند. |
| همانندسازی DNA | **Transfer of learning** | همانندسازی DNA فرآیند بیولوژیکی است که طی آن یک سلول یک کپی دقیق از DNA خود می سازد. این یک فرآیند اساسی است که در همه موجودات زنده اتفاق می افتد و برای تقسیم سلولی و انتقال اطلاعات ژنتیکی از نسلی به نسل دیگر ضروری است. |

**۷-۲-۳- ارزیابی فهم کاربران از حرکات دست**

برای اندازه‌گیری میزان فهم و تشخیص کاربران از حرکات دست در محیط مجازی طراحی شده، در انتهای آزمون دوم نماد‌های دست نمایش داده شده «[جدول ۲-۲](#Table2_2)» چندین بار به کاربر نمایش داده شدند و در پرسشنامه‌ای به صورت همزمان نوع حرکت نمایش داده شده را از بین گزینه‌ها انتخاب کنند. علاوه بر جمع‌آوری داده‌های مربوط به درک کاربر از نماد نمایش داده شده، با استفاده از یک مدل هوش مصنوعی و پردازش تصویر، نمادهای نشان داده شده تشخیص داده و ذخیره شد تا با داده‌های کاربر مقایسه شود.

**۸-۲-۳- ابزار تحقیق**

برای شرکت در جلسه مجازی و انتقال حالات دست نیاز به یک کامپیوتر شخصی (نه لزوما قوی از لحاظ سخت‌افزار) و همچنین یک دوربین وبکم به منظور ثبت و انتقال حرکات دست به آواتار شخص است.

**۳-۳- طراحی**

محیط متاورس طراحی شده از یک اتاق مجازی به عنوان فضای اصلی برگزاری جلسه استفاده شده است. در «شکل ۳-۱» محیط اتاق به همراه آواتار دوکاربر قابل مشاهده است. برای شرکت در جلسه مجازی، کاربران از طریق رایانه‌ی خود به یکدیگر متصل شده و حرکات دست آن‌ها از طریق یک وبکم به محیط متاورس منتقل و از طریق آواتار مربوطه تقلید می‌شود.

**شکل ۳-۱: محیط جلسه مجازی طراحی شده**

**۱-۳-۳- طراحی مدل‌های سه‌بعدی**

کلیه‌ی مدل‌های سه‌بعدی اعم از کاراکترها و محیط اتاق و اسباب و لوازم که در «شکل ۳-۲» نمایان است، از سایت threejs.org دانلود و پس از اعمال تغییرات از طریق نرم‌افزار بلندر[[60]](#footnote-60)، آماده استفاده در محیط برنامه‌نویسی شد.

**شکل ۳-۲: مدل ایمپورت شده به نرم افزار بلندر**

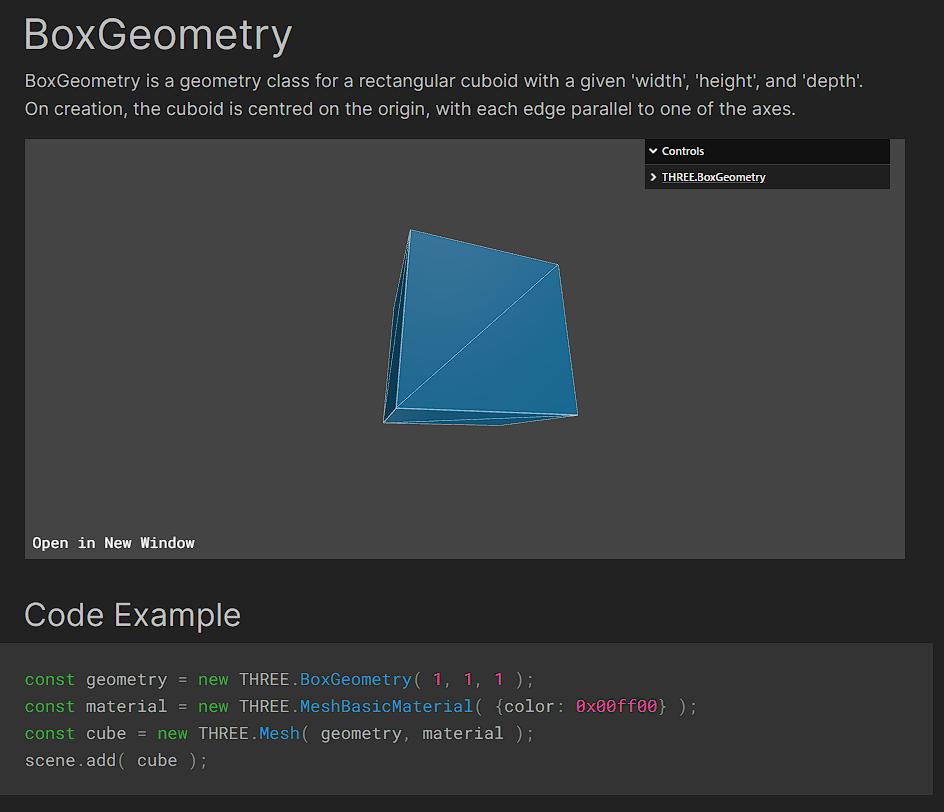
****

**۲-۳-۳- طراحی محیط کاربری**

در قدم بعدی نیاز به کدنویسی و اسکریپت نویسی برای مدل‌های سه‌بعدی به منظور تعامل با آن‌ها بود. اکثر توسعه دهندگان محیط‌های سه‌بعدی از موتور‌های بازی‌سازی مثل یونیتی[[61]](#footnote-61) یا آنریل‌انجین[[62]](#footnote-62) برای این کار استفاده می‌کنند. با توجه به اینکه خروجی موتور‌های بازی‌سازی به صورت نرم‌افزار تحت ویندوز، اندروید[[63]](#footnote-63)، یا آی اُ اس[[64]](#footnote-64) می‌باشد، برای دسترسی به این نرم‌افزارها کاربر باید آن‌ها‌ را پیدا، دانلود و نصب کند. با توجه به اینکه محیط‌های متاورس نیاز به دسترسی سریع و همگانی، از طریق همه‌ی پلتفرم‌ها دارند، به‌وسیله‌ی موتور‌های بازی سازی میسر نمی‌شود. اگرچه امکان خروجی وب گرفتن از موتور‌های بازی سازی مثل یونیتی وجود دارد، اما به علت اینکه موتورهای بازی‌سازی کتابخانه‌ای حجیم به این خروجی اضافه‌ می‌کنند و همچنین دستکاری کردن این خروجی‌ها در خارج از محیط موتور بازی‌سازی فراهم نیست، عملا ویژگی‌ای بیهوده و غیرمفید است. پس به منظور تعامل با مدل‌های سه‌بعدی از تکنولوژی گرافیک وب یا WebGL استفاده شد، که اجازه‌ی توسعه‌ و دستکاری محیط‌های سه‌بعدی تعاملی را در مرورگر به توسعه دهندگان می‌دهد. همچنین، سورس کد اصلی محیط متاورس طراحی شده‌ی تحت وب از طریق آدرس <https://github.com/mkgh7030/gestures_in_metaverse> بر روی پلفترم توسعه نرم‌افزار گیت‌هاب[[65]](#footnote-65)، قابل دسترس است.

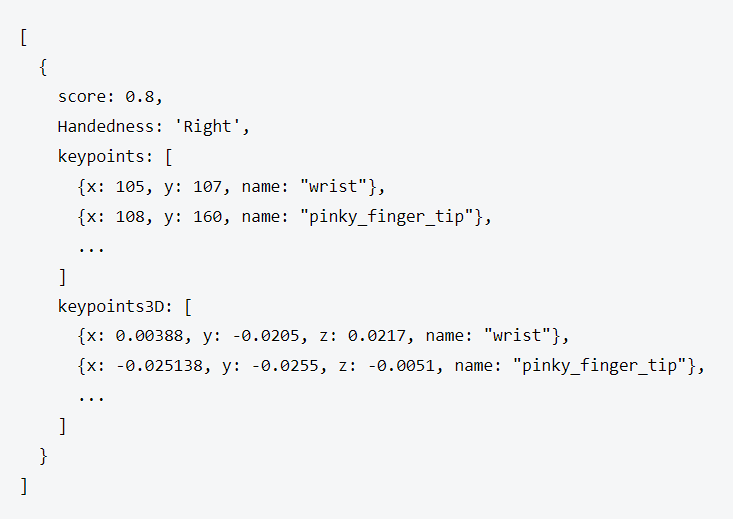
**۱-۲-۳-۳- محیط WebGL**

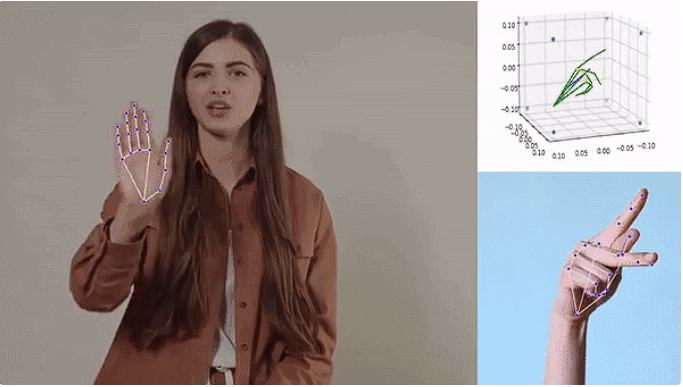
[[66]](#footnote-66)WebGL یا کتابخانه‌ی گرافیک وب، یک کتابخانه از زبان برنامه نویسی جاوا اسکریپت[[67]](#footnote-67) برای ارائه گرافیک‌های تعاملی سه‌بعدی و دو‌بعدی با کارایی بالا در هر مرورگر وب بدون استفاده از افزونه است(Mozilla, 2023). کدنویسی گرافیک وب کاری سخت و زمان‌بر است؛ از این‌رو کتابخانه‌های دیگر برای این کتابخانه ساخته شده مثل threejs[[68]](#footnote-68) که برنامه‌نویسی را برای گرافیک وب ساده‌تر و بهینه‌تر می‌کند. برای ساخت محیط متاورس این پژوهش به منظور تعامل و دستکاری مدل‌ها، از کتابخانه‌ی threejs استفاده شد. این کتابخانه مثل یک موتور بازی سازی امکان دستکاری مدل‌های سه‌بعدی را به برنامه نویس می‌دهد ولی با این تفاوت که رابط کاربری‌ای برای این کتابخانه وجود ندارد و برنامه نویس صرفاً به‌وسیله‌ی کدنویسی قادر به دسترسی و دستکاری مدل‌های سه‌بعدی است.

**شکل ۳-3: تصویری از نمونه‌کد کتابخانه threejs برای ایجاد یک مکعب**

**۲-۲-۳-۳- پردازش تصویر**

برای انتقال حرکات دست کاربر به محیط متاورس، به تکنولوژی نیاز است که بتواند به تصویر شخص از طریق دوربین وبکم دسترسی پیدا کند؛ حالات دست او را تشخیص و تبدیل به داده‌ کند. بدین منظور کتابخانه‌های هوش مصنوعی که دست‌های کاربر را در تصویر تشخیص دهند نیاز است. در ابتدا از یک مدل از پیش طراحی شده کتابخانه‌ی تنسورفلو یا TensorFlow.js[[69]](#footnote-69) که یک محیط توسعه‌ی مدل‌های یادگیری ماشین در محیط وب است استفاده شد. اما مدل مربوطه باعث افت فریم در محیط شد و کارایی لازم را نداشت. در ادامه به جای تنسورفلو از یک مدل از پیش ساخته‌شده‌ی کتابخانه‌ی مدیاپایپ[[70]](#footnote-70) (MediaPipe) که به صورت خاص برای تشخیص قسمت‌های مختلف بدن افراد طراحی شده، استفاده شد. ولی مشکلی که این کتابخانه داشت این بود که داده‌های مربوط به نقاط مختلف دست‌ها را به صورت نقطه‌‌های سه‌بعدی در فضا برنمی‌گرداند، و باعث مشکلاتی در محیط متاورس سه‌بعدی می‌شد. از قبیل اینکه حالت دست آواتار فقط از روبرو قابل تشخیص بود چرا که داده‌هاي بازگردانده شده از موقعیت دست توسط مدل تقریبا به صورت داده‌های دو‌بعدی بود. به منظور رفع این مشکل استفاده از یک مدل خاص تنسورفلو و مدیاپایپ که به نام 3D Hand Pose with MediaPipe and TensorFlow.js[[71]](#footnote-71) در دستور کار قرارگرفت. این مدل، تعداد ۲۱ نقطه از دست را همانطور که در «تصویر ۴-۳» پیداست، به صورت آرایه‌ای از داده‌ها در محیط سه‌بعدی برمی‌گرداند که برای استفاده در محیط متاورس مناسب و کافی بود.

**شکل ۳-۴: داده‌های برگردانده شده مدل از نقاط دست تشخص**

**شکل ۳-۵ نمایی از کارکرد مدل 3D Hand Pose with MediaPipe and TensorFlow.js**

**۳-۳-۳- طراحی قسمت سرور وب‌سایت**

پس از اینکه قسمت رابط کاربری و سمت مشتری نرم افزار تحت‌وب (محیط متاورس) ساخته شد، حال نوبت به ساخت بخش سرور به منظور تبادل اطلاعات کاربران با سرور و با یکدیگر است. بدین منظور یک سرور بر پایه‌ی استفاده از پروتوکل http از طریق تکنولوژی نود‌جی‌اس (Nodejs) ساخته شد. نود‌جی‌اس یک کتابخانه‌ی توسعه‌ی سرور است و به وسیله‌ی آن کاربران می‌توانند به سرور درخواست ارسال کنند و سرور نیز به درخواست‌های آن‌ها پاسخ می‌دهد. اما پروتوکل http به تنهایی جوابگو‌ی نیاز‌های مشتریان نیست، چرا که مشتریان می‌خواهند تا به صورت بلادرنگ با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. برای دستیابی به این قابلیت از تکنولوژی سوکت (Socket) استفاده شد.

**۱-۳-۳-۳- تکنولوژی سوکت**

تکنولوژی سوکت ارتباط کم تاخیر[[72]](#footnote-72)، دو جهته[[73]](#footnote-73) و مبتنی بر رویداد[[74]](#footnote-74) را بین یک مشتری (کلایت) و یک سرور امکان پذیر می کند. در ساخت سرور این نرم‌افزار تحت وب از کتابخانه‌ی مخصوص Socket.io که یک کتابخانه مبتنی بر تکنولوژی سوکت است استفاده شد تا کاربران بتوانند ارتباط اولیه را با یکدیگر برقرار کنند. از آنجایی که کاربران نیاز دارند تا داده‌های مربوط به حرکت دست‌های خود را برای یکدیگر به صورت بلادرنگ در هر فریم ارسال کنند، نیاز به تکنولوژی‌ای سریع برای برآورده کردن این موضوع است.

**۲-۳-۳-۳- تکنولوژی WebRTC**

WebRTC یا (Web Real-time Communication) یک پروژه رایگان است که مرورگرهای وب و برنامه های تلفن همراه را با ارتباطات بلادرنگ از طریق رابط های برنامه نویسی برنامه (API) ارائه می دهد. این تکنولوژی ارتباطات صوتی و تصویری در داخل صفحات وب با امکان ارتباط مستقیم را فراهم می‌کند و نیاز به نصب افزونه ها یا دانلود برنامه های بومی را از بین می‌برد. برای ارسال داده‌های مربوط به دست و صدای کاربران از این تکنولوژی استفاده شد.

**۴-۳ جمع‌بندی فصل**

در این فصل پس از بررسی روش تحقیق پژوهش، جمعیت آماری، جمعیت نمونه، ارزیابی متغیر‌ها و شرح طراحی و تولید محیط متاورس و همچنین نحوه‌ی انجام آزمایش و اندازه‌گیری متغیر‌ها پرداخته‌شد.

**فهرست منابع**

منصور حسام‌زاده. (2010). *زبان بدن ارتباط کلامی و غیرکلامی*. نشر پورنگ.

Aburumman, N., Gillies, M., Ward, J. A., & Hamilton, A. F. de C. (2022). Nonverbal communication in virtual reality: Nodding as a social signal in virtual interactions. *International Journal of Human-Computer Studies*, *164*, 102819.

Barmaki, R., & Hughes, C. E. (2018). Embodiment analytics of practicing teachers in a virtual immersive environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, *34*(4), 387–396. https://doi.org/10.1111/jcal.12268

Birmingham, C. C. (2021). *A comparative analysis of nonverbal communication in online multi-user virtual environments (Doctoral dissertation)*.

Bonaccio, S., O’Reilly, J., O’Sullivan, S. L., & Chiocchio, F. (2016). Nonverbal behavior and communication in the workplace: A review and an agenda for research. *Journal of Management*, *42*(5), 1044–1074.

Broussard, D. M., Rahman, Y., Kulshreshth, A. K., & Borst, C. W. (2021). An interface for enhanced teacher awareness of student actions and attention in a vr classroom. *2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 284–290.

Buck, R., & VanLear, C. A. (2002). Verbal and nonverbal communication: Distinguishing symbolic, spontaneous, and pseudo-spontaneous nonverbal behavior. *Journal of Communication*, *52*(3), 522–541.

Burgoon, J.K., Manusov, V., & Guerrero, L. K. (2021). *Nonverbal Communication (2nd ed.)* (2nd ed.). https://doi.org/10.4324/9781003095552

Burgoon, J. K., Manusov, V., & Guerrero, L. K. (2016). *Nonverbal communication*. Routledge.

Church, R. B., Garber, P., & Rogalski, K. (2007). The role of gesture in memory and social communication. *Gesture*, *7*(2), 137–158.

Cornelius, C., & Boos, M. (2003). Enhancing mutual understanding in synchronous computer-mediated communication by training: Trade-offs in judgmental tasks. *Communication Research*, *30*(2), 147–177.

Danesi, M. (2021). *Understanding nonverbal communication: A semiotic guide*. Bloomsbury Publishing.

Doerner, R., Broll, W., Grimm, P., & Jung, B. (2022). *Virtual and augmented reality (VR/AR): Foundations and methods of extended realities (XR)*. Springer Nature.

Dzedzickis, A., Kaklauskas, A., & Bucinskas, V. (2020). Human emotion recognition: Review of sensors and methods. *Sensors*, *20*(3), 592.

Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *American Psychologist*, *48*(4), 384.

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1969). The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage, and coding. *Semiotica*, *1*(1), 49–98.

Feng, Y., Duives, D. C., & Hoogendoorn, S. P. (2021). Using virtual reality to study pedestrian exit choice behaviour during evacuations. *Safety Science*, *137*, 105158.

Goldin-Meadow, S., & Brentari, D. (2017). Gesture, sign, and language: The coming of age of sign language and gesture studies. *Behavioral and Brain Sciences*, *40*, e46.

Hall, J. A., Horgan, T. G., & Murphy, N. A. (2019). Nonverbal communication. *Annual Review of Psychology*, *70*, 271–294.

Hall, J. A., & Knapp, M. L. (2013). *Nonverbal communication* (Vol. 2). Walter de Gruyter.

Hariharan, B., Padmini, S., & Gopalakrishnan, U. (2014). Gesture recognition using Kinect in a virtual classroom environment. *2014 Fourth International Conference on Digital Information and Communication Technology and Its Applications (DICTAP)*, 118–124.

Harrison, S. (2018). *The impulse to gesture: Where language, minds, and bodies intersect*. Cambridge University Press.

Hostetter, A. B. (2011). When do gestures communicate? A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *137*(2), 297.

Jackob, N., Roessing, T., & Petersen, T. (2011). *The effects of verbal and nonverbal elements in persuasive communication: Findings from two multi-method experiments*.

Jian-xia, C., Shuo, M., & Lei, M. (2019). Influence of Instructors’ Body Language on Students’ Learning Outcome in Micro Lectures. *Proceedings of the 2019 11th International Conference on Education Technology and Computers*, 76–79.

Judee K Burgoon, Valerie Manusov, L. K. G. (2009). *Nonverbal Communication* (1st ed.). https://doi.org/10.4324/9781315663425

Kappas, A. (1997). The fascination with faces: Are they windows to our soul? *Journal of Nonverbal Behavior*, *21*, 157–161.

Kelly, S. D., & Goldsmith, L. H. (2004). Gesture and right hemisphere involvement in evaluating lecture material. *Gesture*, *4*(1), 25–42.

Khan, A. A., Laghari, A. A., & Awan, S. A. (2021). Machine learning in computer vision: a review. *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*, *8*(32), e4--e4.

Knapp, M. L., Hall, J. A., & Horgan, T. G. (2013). *Nonverbal communication in human interaction*. Cengage Learning.

Koh, J. I., Ray, S., Cherian, J., Taele, P., & Hammond, T. (2022). Show of Hands: Leveraging Hand Gestural Cues in Virtual Meetings for Intelligent Impromptu Polling Interactions. *27th International Conference on Intelligent User Interfaces*, 292–309.

Kurzweg, M., Reinhardt, J., Nabok, W., & Wolf, K. (2021). Using Body Language of Avatars in VR Meetings as Communication Status Cue. In *Proceedings of Mensch und Computer 2021* (pp. 366–377).

Le, D. A., Maclntyre, B., & Outlaw, J. (2020). Enhancing the experience of virtual conferences in social virtual environments. *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 485–494.

Le Pichon, X., Francheteau, J., & Bonnin, J. (2013). *Plate tectonics* (Vol. 6). Elsevier.

Lea, G. (1975). Chronometric analysis of the method of loci. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *1*(2), 95.

Li, J., Vinayagamoorthy, V., Williamson, J., Shamma, D. A., & Cesar, P. (2021). Social VR: A New medium for remote communication and collaboration. *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–6.

Lombard, M., Ditton, T. B., & Weinstein, L. (2009). Measuring presence: the temple presence inventory. *Proceedings of the 12th Annual International Workshop on Presence*, 1–15.

McNeill, D. (2016). *Why we gesture: The surprising role of hand movements in communication*. Cambridge University Press.

Mehrabian, A. (1971). Nonverbal communication. *Nebraska Symposium on Motivation*.

Meier, J. V, Noel, J. A., & Kaspar, K. (2021). Alone together: computer-mediated communication in leisure time during and after the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Psychology*, *12*, 666655.

Montemorano, C. (2020). *Body Language: Avatars, Identity Formation, and Communicative Interaction in VRChat*.

Mozilla. (2023). *WebGL: 2D and 3D graphics for the web*. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL\_API

Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, *2*(1), 486–497.

Nalbant, K. G., & UYANIK, \cSevval. (2021). Computer vision in the metaverse. *Journal of Metaverse*, *1*(1), 9–12.

Nimrod, G. (2020). Changes in internet use when coping with stress: older adults during the COVID-19 pandemic. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *28*(10), 1020–1024.

Saltzman, L. Y., Hansel, T. C., & Bordnick, P. S. (2020). Loneliness, isolation, and social support factors in post-COVID-19 mental health. *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*, *12*(S1), S55.

Seymour, M., Riemer, K., & Kay, J. (2018). Actors, avatars and agents: Potentials and implications of natural face technology for the creation of realistic visual presence. *Journal of the Association for Information Systems*, *19*(10), 4.

Short, J., Williams, E., & Christie, B. (1976). *The social psychology of telecommunications* (Vol. 19, Issue 4). Wiley London.

Sproull, L., Subramani, M., Kiesler, S., Walker, J. H., & Waters, K. (1996). When the interface is a face. *Human-Computer Interaction*, *11*(2), 97–124.

منصور حسام‌زاده. (2010). *زبان بدن ارتباط کلامی و غیرکلامی*. نشر پورنگ.

**پیوست‌ها**

**تصویر عطف پایان‌نامه**

**عنوان پایان‏نامه نام و نام خانوادگی دانشجو تاریخ دفاع: شهریور 1402**

**(B Nazanin 14-16 Bold)**



In the name of God

**Islamic Art University Tabriz**

**Postgraduate's Dissertation/Thesis Information & Abstract**

### Dissertation/ Thesis Title: Analysis of Body Gesture as a Nonverbal Communication in Metaverse

Supervisor(s): Yoones A. Sekhavat, Leila Dobakhti

Advisor(s): Milad Jafari Sisi

Student Name: Mohammad Kasiri

Student Number: 400136601 M.A. Ph.D.

Number of Pages:

Approval Date: Defense Date:

Faculty: Multimedia Department: Multimedia

|  |
| --- |
| **Abstract:**  Communication refers to the utilization of human interactions for the purpose of conveying thoughts, ideas, and emotions. With the recent surge of COVID-19, computer-mediated communication has seen a significant rise, as people have resorted to digital platforms to maintain their social connections and meet their social needs. Despite the privacy concerns associated with video conferences, virtual meetings have not yet been widely adopted. These virtual interactions often suffer from poor communication quality, with less attention given to conveying essential nonverbal communication and body language, such as posture and gestures. Moreover, participating in these meetings often necessitates costly equipment like virtual reality glasses and specialized sensors. The forthcoming research aims to address these limitations by exploring the development of virtual reality environments that enables the transmission and reception of hand gestures (as a subset of nonverbal communication) through normal webcams. Furthermore, it investigates the contribution of hand gestures in enhancing communication quality and users' understanding of hand gestures within the virtual reality environment.  After reviewing the findings and methods of previous studies, a virtual reality environment capable of transmitting and receiving hand gestures through a webcam was implemented. A total of 40 students from Tabriz Islamic Art University participated as subjects in the research, engaging in two designed experiments conducted in a within-subject design. In the experiment tasks, the researcher and a participant interacted once with hand gestures present and once without hand gestures. At the end of each experiment, data were collected using system logs and multiple questionnaires.  **Keywords:** Metaverse, Communication, body language, virtual meetings, Avatar, Computer Vision, body gesture, nonverbal communication |

Supervisor’s signature:

Date:



Faculty of Multimedia

Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Arts in Multimedia Arts

### Analysis of Body Gesture as a Nonverbal Communication in Metaverse

### By:

### Mohammad Kasiri

### Supervisor:

### Dr. Yoones A. Sekhavat

Co-Supervisor:

**Dr. Leila Dobakhti**

### Adviser:

### Milad Javari Sisi

### Click to choose a date

1. Video Conferencing [↑](#footnote-ref-1)
2. Nonverbal Communication [↑](#footnote-ref-2)
3. Eye Contact [↑](#footnote-ref-3)
4. Facial Expression [↑](#footnote-ref-4)
5. Hand Gestures [↑](#footnote-ref-5)
6. Postures [↑](#footnote-ref-6)
7. Body Language [↑](#footnote-ref-7)
8. Gestures [↑](#footnote-ref-8)
9. Emblem [↑](#footnote-ref-9)
10. Illustrator [↑](#footnote-ref-10)
11. Regulator [↑](#footnote-ref-11)
12. Zoom Fatigue [↑](#footnote-ref-12)
13. Virtual Reality [↑](#footnote-ref-13)
14. Metaverse [↑](#footnote-ref-14)
15. Avatars [↑](#footnote-ref-15)
16. Real-Time [↑](#footnote-ref-16)
17. Dynamic [↑](#footnote-ref-17)
18. Sensors [↑](#footnote-ref-18)
19. Microsoft Kinect [↑](#footnote-ref-19)
20. Leap Motion [↑](#footnote-ref-20)
21. Communication [↑](#footnote-ref-21)
22. Signs [↑](#footnote-ref-22)
23. Symbols [↑](#footnote-ref-23)
24. Interpersonal [↑](#footnote-ref-24)
25. Verbal Communication [↑](#footnote-ref-25)
26. Words [↑](#footnote-ref-26)
27. Linguistic Content [↑](#footnote-ref-27)
28. Nonverbal Behavior [↑](#footnote-ref-28)
29. Verbal Discourse [↑](#footnote-ref-29)
30. Nonverbal Behaviors [↑](#footnote-ref-30)
31. Conceptualization [↑](#footnote-ref-31)
32. Segmentation [↑](#footnote-ref-32)
33. Classification [↑](#footnote-ref-33)
34. Mutually Exclusive [↑](#footnote-ref-34)
35. Facial Expression [↑](#footnote-ref-35)
36. Vocal Cues [↑](#footnote-ref-36)
37. Proxemics [↑](#footnote-ref-37)
38. Gaze [↑](#footnote-ref-38)
39. Kinesics [↑](#footnote-ref-39)
40. Vocal [↑](#footnote-ref-40)
41. Tone [↑](#footnote-ref-41)
42. Pitch [↑](#footnote-ref-42)
43. Volume [↑](#footnote-ref-43)
44. Rhythm [↑](#footnote-ref-44)
45. Emblems [↑](#footnote-ref-45)
46. Illustrator [↑](#footnote-ref-46)
47. Regulators [↑](#footnote-ref-47)
48. Self-Adaptors [↑](#footnote-ref-48)
49. Affect Display [↑](#footnote-ref-49)
50. Autonomous Gestures [↑](#footnote-ref-50)
51. Semiotic Gestures [↑](#footnote-ref-51)
52. Symbolic Gestures [↑](#footnote-ref-52)
53. Microsoft Kinect [↑](#footnote-ref-53)
54. feedback [↑](#footnote-ref-54)
55. Within Subjects [↑](#footnote-ref-55)
56. Mutual Understanding [↑](#footnote-ref-56)
57. Media Richness [↑](#footnote-ref-57)
58. Social Presence [↑](#footnote-ref-58)
59. Social Richness [↑](#footnote-ref-59)
60. Blender 3.5 [↑](#footnote-ref-60)
61. Unity 3D [↑](#footnote-ref-61)
62. Unreal Engine [↑](#footnote-ref-62)
63. Android [↑](#footnote-ref-63)
64. IOS [↑](#footnote-ref-64)
65. GitHub [↑](#footnote-ref-65)
66. Web Graphics Library [↑](#footnote-ref-66)
67. Java Script [↑](#footnote-ref-67)
68. Threejs.org [↑](#footnote-ref-68)
69. https://www.tensorflow.org/js/ [↑](#footnote-ref-69)
70. https://developers.google.com/mediapipe [↑](#footnote-ref-70)
71. https://blog.tensorflow.org/2021/11/3D-handpose.html [↑](#footnote-ref-71)
72. Low-Latency [↑](#footnote-ref-72)
73. Bidirectional [↑](#footnote-ref-73)
74. Event-Based [↑](#footnote-ref-74)