علوم رایانش و فناوری اطلاعات
نشریه علمی انجمن کامپیوتر ایران
مجلد ۱۷، شماره ۱، ۱۳۹۸
صفحات ۹-۱
مقاله عادی

ارائه معیار کمی ارزیابی کیفیت ویدئو مبتنی بر ناحیه مورد علاقه در بازی‌های ابری

معظم منجم[۱]، رکسانا ابوالفتحی[۲]، هدا رودکی[۳*]

[*]نویسنده مسئول، دریافت: ۹۷/۰۳/۰۵، بازنگری: ۹۷/۱۱/۲۷، پذیرش: ۹۸/۲/۱۸

[۱و۲] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی کامپیوتر ، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

[۳] استادیار، مهندسی کامپیوتر، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

چکیده

پیشرفت‌های اخیر در زمینه روش‌های کدکردن ویدئو و نیز حوزه پردازش‌های ابری منجر به تحقق ایده بازی‌های ابری شده است که در آن صحنه‌های بازی به صورت قاب‌های ویدئویی، فشرده و برای کاربر ارسال می‌شود. به‌منظور ارائه روش فشرده‌سازی مناسب در این حوزه و جلب نظر کاربران، ارزیابی مستمر کیفیت ویدئوی بازی‌های ابری لازم به‌نظر می‌رسد. در این مقاله، معیاری جهت ارزیابی کمی کیفیت بر اساس میزان توجه کاربر به نواحی مختلف ویدئو در یک بازی ابری ارائه شده است که با درنظر گرفتن میزان خیرگی کاربر به نواحی مختلف ویدئو، به کیفیت هر ناحیه، وزن متفاوتی اختصاص داده و برای به‌دست آوردن نمره کیفیت نهایی از روش جمع وزن‌دار استفاده می‌کند. به‌منظور بررسی میزان کارایی معیار کمی ارائه‌شده، نتایج حاصل از این معیار با نتایج نظری کاربران مقایسه شده است. نتایج ارزیابی نشان‌دهنده همبستگی بالا بین معیار ارزیابی کمی پیشنهاد شده و نظرات کاربران، با میانگین ۰/۷، است.

کلمات کلیدی: بازی‌های ابری، ارزیابی کمی کیفیت ویدئو، ناحیه مورد توجه کاربر

۱- مقدمه

با پیشرفت فناوری اطلاعات، نیاز به انجام کارهای محاسباتی سنگین بدون در اختیار داشتن سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای پرهزینه، بیش از پیش نمود پیدا کرده است. رایانش ابری[۱] یکی از فناوری‌های جدید برای پاسخ‌گویی به این نیاز است. یکی از کاربردهای جدید این حوزه، بازی‌های ابری[۲] یا بازی‌های مبتنی بر سرور است. در این کاربرد، بازی‌ها در سمت سرور به‌صورت رشته‌های ویدئویی درآمده و قاب‌های[۳] ویدئویی به سمت کامپیوتر سرویس گیرنده، ارسال می‌شوند و توسط آن به نمایش درمی‌آیند. سپس دستورات کاربر از طریق سرویس‌دهنده ابر به سرور مرکزی انتقال می‌یابند. همانند هر ایده جدید دیگری، بازی ابری نیز در کنار فرصت‌های نو و فواید بسیاری که برای تولیدکنندگان و علاقه‌مندان بازی‌های کامپیوتری داشته است، چالش‌های جدیدی را نیز برای طراحان و تولیدکنندگان آن ایجاد کرده است. یکی از تفاوت‌های عمده این بازی‌ها با سایر بازی‌های ویدئویی در این است که بازی در سمت سرور اجرا می‌شود، بنابراین روند بازی شامل انتقال مستمر حجم عظیمی از داده‌های ویدئویی از سمت سرور به سمت کاربران است. به‌منظور انتقال این حجم از داده‌های ویدئویی، نیاز به استفاده از روش‌های مختلف فشرده‌سازی خواهیم داشت. اما روش‌های مختلف فشرده‌سازی بر اساس کیفیت دریافتی در سمت کاربر ارزیابی می‌شوند. بنابراین به‌منظور استفاده از مناسب‌ترین روش فشرده‌سازی و نیز جلب نظر کاربران نیاز به اندازه‌گیری مستمر کیفیت ویدئو، به‌خصوص در شبکه‌های مستعد خطا داریم. در واقع، اگرچه این این بازی‌ها کم هزینه و به‌صرفه هستند، اما کیفیت دریافتی ویدئو در این کاربرد، نقش محوری در

جلب نظر کاربران و افزایش استقبال از این بازی‌ها دارد. روش‌های متفاوتی برای ارزیابی کمی کیفیت ویدئو[۴] در سایر کاربردهای ویدئو ارائه شده است[۱]، اما تعمیم این روش‌ها و معیارها به بازی‌های ابری بر اساس موارد زیر به سادگی امکان‌پذیر نیست.

۱) بازی های ابری در یک بستر کاملاً ناهمگن ارائه می‌شوند. سرویس بازی ابری مستلزم ارسال ویدئوهای با گرافیک بالا و حجیم به دستگاه‌های کاربران است. کاربران از دستگاه‌های مختلفی نظیر انواع موبایل، تبلت، کامپیوتر شخصی یا حتی تلویزیون برای انجام بازی استفاده می‌کنند. هر یک از این ابزارها قدرت پردازش، توان و پهنای باند متفاوتی را پشتیبانی می‌کنند و امکان ارائه خدمات با کیفیت یکسان به آنها وجود ندارد. از سوی دیگر محیط شبکه معمولاً بسیار خطاپذیر است. مدیریت این خطاها نیز موضوع را سخت‌تر می‌کند.

۲) اکثر روش‌های فعلی برای ارزیابی کیفیت بازی‌های ویدئویی به‌صورت کیفی و تجربی هستند، اما بازی‌های ابری معمولاً به صورت بی‌درنگ۵ اجرا می‌شوند، که این موضوع ارزیابی به روش کیفی که روشی زمان‌بر است، را نیز غیرممکن می‌سازد.

۳) در نهایت اینکه، معیارهای ارزیابی کیفیت ویدئو در بازی‌های ویدئویی با سایر کاربردهای ویدئو تفاوت دارد. برای مثال هنگام دیدن یک فیلم ویدئویی، کیفیت تمام قسمت‌های تصویر برای بیننده به یک اندازه مهم است، اما در یک بازی ویدئویی کاربر معمولاً روی قسمت‌های خاصی از صحنه که اهداف بازی هستند و یا روی حرکت شخصیت اصلی بازی تمرکز دارد، بنابراین تنها کیفیت قسمت‌های خاصی از تصویر برای کاربر اهمیت دارد.

بنابر دلایل عنوان شده، ارائه معیار مناسبی برای ارزیابی کمی کیفیت ویدئو به‌صورت خاص برای این کاربرد به‌نحوی که بتواند این تفاوت‌ها را پوشش داده و نتایجی قابل مقایسه با روش‌های ارزیابی کیفی داشته باشد، ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس بررسی‌های ما معیار مناسبی جهت ارزیابی کیفیت ویدئو که مختص بازی‌های ابری و مبتنی بر سرور باشد، ارائه نشده است. تنها روش‌های قبلی ارائه‌شده در این زمینه، یا روش‌های ارزیابی کیفی کیفیت ویدئو[۶] هستند[۲]، که به دلایلی که در بالا ذکر شد امکان استفاده از آنها در همه کاربردها وجود ندارد، یا روش‌هایی مبتنی بر ارائه پرسشنامه به کاربران است که حالت خودکار نخواهد داشت، و به دلیل زمان‌بر بودن و ایجاد اختلال در روند بازی کاربران، چندان مورد توجه آنها قرار نمی‌گیرد. هدف ما در این مقاله دستیابی به یک معیار مناسب جهت ارزیابی کمی کیفیت ویدئوهایی است که در جریان یک بازی ابری از سرور به کامپیوتر کاربر ارسال می‌شود. در این مقاله پیشنهاد شده است که از روش جمع وزن‌دار نواحی مورد علاقه کاربر جهت استخراج معیار کیفیت نهایی استفاده شود.

نوآوری‌های این مقاله به‌صورت خلاصه شامل موارد زیر است:

۱) بررسی پارامترهای تأثیرگذار روی کیفیت ویدئو در کاربرد بازی‌های ویدئویی از طریق مطالعه جامع منابع موجود و انتخاب مناسب‌ترین پارامتر که اثرگذاری بیشتری روی کیفیت دریافتی کاربر دارد. در ادامه نشان خواهیم داد که ناحیه مورد علاقه[۷] کاربر مهم‌ترین پارامتر موجود در این زمینه است.

۲) استخراج ناحیه مورد علاقه کاربر بر اساس روش‌های منطبق بر ویژگی‌های چشم انسان. روش‌های ارزیابی کیفیت مبتنی بر ناحیه مورد علاقه که تا کنون ارائه شده‌اند، بیشتر بر اساس مشخصات آماری تصویر مورد نظر است[۳]، یعنی ناحیه مورد علاقه کاربر با استفاده از ویژگی‌های آماری تصویر به‌دست می‌آید. اما در روش ارائه‌شده در این مقاله، از ردگیری چشم کاربران جهت استخراج این نواحی استفاده شده است. استخراج ناحیه مورد علاقه از طریق ردگیری چشم کاربر، باعث می‌شود، معیار کمی استخراج‌شده منطبق بر ویژگی‌های درخواستی کاربر بوده و نتایج حاصل از ارزیابی کمی شبیه به نتایج ارزیابی کیفی شود.

۳) ارائه یک رابطه جمع وزن‌دار جهت ارزیابی کیفیت ویدئو در کاربرد بازی‌های ابری

در این مقاله، ابتدا در بخش ۲ کارهای انجام شده و نیز معیارهای ارائه شده در زمینه ارزیابی کمی کیفیت ویدئو در کاربرد بازی‌های ابری را مرور خواهیم کرد. در بخش ۳ با تکیه بر پارامترهای اثرگذار در کیفیت ویدئو در حوزه خاص بازی‌های ابری، روش کار و سپس معیار پیشنهادی خود را ارائه می‌کنیم. در بخش ۴ به‌منظور بررسی میزان انطباق معیار به‌دست آمده با نظرات واقعی کاربران، یک آزمایش کیفی انجام داده و به محاسبه ضریب همبستگی میان نتایج حاصل از معیار کمی ارزیابی ارائه‌شده و نتایج حاصل از ارزیابی کیفی خواهیم پرداخت. در نهایت در بخش ۵ نتیجه‌گیری مقاله ارائه خواهد شد.

۲- کارهای انجام شده در زمینه ارزیابی کمی کیفیت ویدئو

در این قسمت به مرور کارهای انجام‌شده در زمینه ارزیابی کمی کیفیت ویدئو با تمرکز خاص بر روی کاربرد بازی‌های ابری خواهیم پرداخت.

معیارهای کمی با کمک مدل‌های ریاضی سعی دارند سیستم پردازش بینایی انسان را شبیه‌سازی نمایند. این روش‌ها را می‌توان به سه گروه تقسیم‌بندی کرد[۱] [۳]. روش ارزیابی مرجع کامل[۸]، روش ارزیابی مرجع کاهش‌یافته[۹] و روش ارزیابی بدون مرجع[۱۰] [۴] [۵] [۶] [۷] [۸]. در روش ارزیابی با مرجع کامل برای ارزیابی کیفیت، علاوه بر ویدئوی دریافت شده در سمت کاربر، از ویدئوی اصلی نیز استفاده می‌شود. رایج‌ترین روش ارزیابی کیفیت با مرجع کامل، برای ویدئوی دیجیتال نسبت سیگنال به نویز[۱۱] یا PSNR ویدئوی دریافتی و ویدئوی اولیه است[۹]. به‌منظور انطباق بیشتر با سیستم بینایی چشم انسان، معیار دیگری با نام شاخص شباهت ساختاری یا SSIM[۱۲] پیشنهاد شده است[۱۰]. این معیار اعوجاج‌های ساختاری به‌وجود آمده در ویدئوی پردازش شده را نسبت به ویدئوی اولیه نشان می‌دهد و به همین جهت تخمین بهتری از کیفیت مشاهده شده توسط کاربر ارائه می‌دهد.

اما از آنجایی‌که در بعضی کاربردهای خاص، ویدئوی اصلی در سمت گیرنده در دسترس نیست، ارزیابی کیفیت ویدئوی دریافتی باید به تنهایی و بدون ویدئوی اولیه انجام گیرد. روش‌های ارزیابی بدون مرجع یا ارزیابی با مرجع کاهش یافته، برای این کاربردها پیشنهاد شده‌اند و به جای استفاده از ویدئوی اصلی فقط یک سری از ویژگی‌های استخراج شده از آن در کنار ویدئوی دریافت شده، استفاده می‌شود[۱]. از آنجایی‌که روش ارائه‌شده در این مقاله بر اساس روش ارزیابی با مرجع کامل است، از بررسی روش‌های ارائه‌شده برای ارزیابی بدون مرجع یا با مرجع کاهش‌یافته خودداری می‌کنیم. از آنجایی‌که بازی‌های ابری روی بستر شبکه برای کاربر ارسال می‌شوند، پارامترهای مرتبط با شبکه می‌توانند در ارزیابی کیفیت نهایی تأثیرگذار باشند. به همین دلیل اکثر کارهای انجام‌شده در این زمینه پارامترهای شبکه را در ارزیابی کیفیت ویدئو مدنظر قرار داده‌اند. در [۱۱] پارامتر تأخیر به‌عنوان عامل تأثیرگذار روی کیفیت دریافتی کاربر درنظر گرفته شده و کیفیت سرویس بر این اساس استخراج شده است. در مقالات[۱۲]،[۱۳] و[۱۴]، علاوه بر تأخیر ارسال داده، لرزش[۱۳] نیز مدنظر قرار گرفته است. در [۱۵] علاوه بر پارامترهای فوق، گم‌شدن بسته‌های نیز درنظر گرفته شده است.

اما معیارهای پیشنهادی در این مقاله‌ها تنها پارامترهای مخصوص شبکه ارتباطی را مدنظر قرار داده‌اند. بر اساس تحقیقات انجام‌شده، روش‌های کمی ارزیابی کیفیت در این کاربرد خاص به‌شدت محدود بوده و تاکنون معیار ارزیابی

کمی کیفیت ویدئو در بازی‌های ابری بر اساس سایر پارامترهای تأثیرگذار در این کاربرد مانند پارامترهای واحد کدکننده ارائه نشده است. در نظر گرفتن پارامترهای مرتبط با کدکننده ویدئو می‌تواند به تخمین بهتری از کیفیت سرویس بیانجامد. روش ارائه‌شده در این مقاله، به‌صورت جامع، پارامترهای مرتبط در این کاربرد را مد نظر قرار داده و مناسب‌ترین پارامتر جهت استخراج معیار کمی ارزیابی ویدئو در کاربرد بازی‌های ابری را جهت ارائه معیار نهایی انتخاب می‌کند. معیار استخراج‌شده جهت ارزیابی کمی کیفیت ویدئو در این کاربرد، می‌تواند فواید دیگری نیز داشته باشد. به‌عنوان مثال، به دلیل حجم بالای داده‌ها در بازی‌های ابری، فشرده‌سازی این داده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. اما معیار کارآمدی یک روش فشرده‌سازی، کیفیت دریافتی است. بنابراین معیار پیشنهاد شده در این مقاله می‌تواند جهت ارزیابی روش‌های فشرده‌سازی ارائه‌شده در این حوزه، مانند روش ارائه شده در مقاله [۱۶] نیز مورد استفاده قرار گیرد.

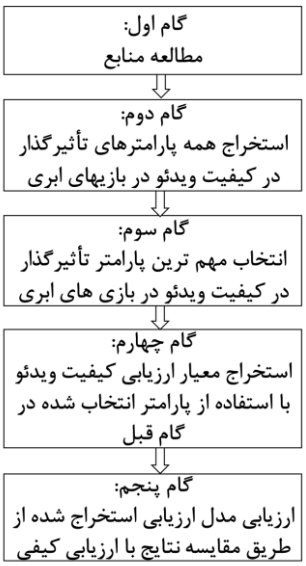
۳- روش پیشنهادی

در این مقاله روشی به‌منظور استخراج یک معیار کمی برای ارزیابی کیفیت ویدئو درکاربرد بازی‌های ابری پیشنهاد می‌شود. همان‌طور که پیش‌تر بررسی کردیم، پارامترهای خاص مرتبط با کیفیت ویدئو در هر کاربرد خاص، در میزان کیفیت دریافتی کاربر نقش به‌سزایی دارد. به این ترتیب، در این مقاله، به منظور استخراج معیار ارزیابی کمی کیفیت ویدئو، ابتدا پارامترهای تأثیرگذار در کیفیت ویدئو در کاربرد بازی‌های ابری مورد بررسی قرار گرفته، تا از میان پارامترهای موجود، مهم‌ترین پارامترها استخراج شوند. از جمله پارامترهای مرتبط با بازی‌های ابری، می‌توان پارامترهای مرتبط با زیر سیستم‌ها در معماری بازی و پارامترهای تأثیرگذار روی دریافت کاربر مثل ناحیه مورد علاقه را نام برد. روش پیشنهادی در این مقاله تلاش دارد از طریق مطالعه جامع مراجع موجود، تمامی پارامترهای اثرگذار در کیفیت بازی‌های ابری استخراج شوند. سپس میزان اثرگذاری هر یک از این پارامترها در کیفیت دریافتی کاربر بررسی شده و در نهایت مهم‌ترین پارامترها انتخاب شوند. مرحله بعدی در روش پیشنهادی، دستیابی به یک معیار کمی جهت ارزیابی کیفیت ویدئو دراین بازی‌ها با استفاده از پارامترهای استخراج‌شده است. در نهایت نیز از طریق مقایسه نتایج ارزیابی کمی کیفیت با نمرات نظری کاربران، میزان دقت معیار پیشنهادی اندازه‌گیری می‌شود. شکل ۱ گام‌های مختلف روش پیشنهادی ارائه‌شده در این مقاله را نشان می‌دهد. در ادامه به بررسی هر یک از این گام‌ها می‌پردازیم.

۳-۱- استخراج پارامتر مناسب جهت ارزیابی کمی کیفیت ویدئو در بازی‌های ابری

بر اساس روش پیشنهادی، در گام اول و دوم، باید با مطالعه منابع موجود، مجموعه کاملی از پارامترهای اثرگذار در کیفیت ویدئوهای مربوط به بازی‌های ابری پیدا شود. به این منظور، منابع موجود مانند مقالات و پایان‌نامه‌های مرتبط با ارزیابی کیفیت در بازی‌های ابری، مطالعه و پارامترهای اثرگذار روی کیفیت ویدئو در این بازی‌ها استخراج شده‌اند که در ادامه به شرح و دسته‌بندی آنها پرداخته می‌شود. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده در مقالات مرتبط، پارامترهای متنوعی می‌توانند روی کیفیت بازی‌های ابری اثرگذار باشند. برای مثال، چون بازی‌های ابری بر روی شبکه‌های ارتباطی برای کاربر ارسال می‌شوند، پارامترهای شبکه می‌توانند روی کیفیت دریافتی اثرگذار باشند. بنابراین در این بخش پارامترهای شبکه نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند تا مجموعه جامع و کاملی از پارامترهای اثرگذار استخراج شود.

در گام بعدی، از بین این پارامترها، مهم‌ترین و اثرگذارترین آنها استخراج شده و در استخراج معیار کمی پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که هدف از این قسمت مرور کارهای قبلی نیست، بلکه استخراج تمام پارامترهای تأثیرگذار روی کیفیت ویدئو در این بازی‌ها به‌منظور استخراج پارامتر مناسب و بخشی از روش پیشنهادی مقاله است.



شکل ۱- گام‌های روش پیشنهادی جهت استخراج معیار کمی برای ارزیابی کیفیت ویدئو در بازی‌های ابری

در بسیاری از منابع مطالعه‌شده برجسته‌ترین نقش به پارامترهای شبکه داده شده است. به عنوان مثال، در مراجع [۱۷]،[۱۸] و [۱۹] با اشاره به اینکه در سیستم‌های بازی ابری، به انتقال تصاویر با کیفیت بالا از طریق شبکه‌های بی‌سیم و با محدودیت شدید از نظر تأخیر نیاز داریم، پهنای باند ناکافی و تأخیر به عنوان دو عامل مهم در نظرگرفته شده‌اند. مرجع [۱۷] معتقد است باید با کم کردن نرخ بیت در انتقال تصاویر بازی، انتقال آنها را تسهیل کرد. مرجع [۱۸] با این استدلال که عمده تأخیر محاوره مربوط به زمان پاسخ شبکه است و این واقعیت که کدکننده و موتور ساخت بازی هم‌زمان با هم اجرا می‌شوند، یک مدل بی‌درنگ کدگذاری[۱۴] را پیشنهاد می‌کند که در آن با تغییر روش کدگذاری قاب‌ها، میزان تأخیر را در ارسال تصاویر کاهش می‌دهد. مرجع [۱۹] نیز مدل پیشنهادی مشابهی را مطرح کرده است. مرجع [۲۰] نیز به همین دو پارامتر تأکید کرده و پیشنهاد حذف اشیای غیرمهم از صحنه بازی را مطرح می‌کند، تا زمان ساخت و کدگذاری قاب‌ها در سرور کم شود و در نتیجه، نرخ بیت در انتقال هم کاهش یابد. این مرجع یک الگوریتم مبتنی بر فعالیت کاربر، برای انتخاب اشیای مهم ارائه می‌دهد که لیستی از میزان اهمیت هر شئ برای فعالیت‌های مختلف کاربر را که توسط طراحان بازی مشخص شده است، نگه می‌دارد. نویسندگان این مقاله بر این باورند که حذف اشیای بی‌اهمیت یا کم اهمیت، منجر به افت کیفیت تجربی نمی‌شود. در مرجع [۲۱] به پارامترهای ذکرشده در دو مرجع قبلی پارامتر تغییر میزان تأخیر نیز اضافه شده است. مرجع [۲۱] به عوامل موجود، پارامتر از دست رفتن بسته داده را نیز افزوده و بر اثرگذاری آن بر کیفیت تجربی تأکید می‌کند.

با وجود اهمیت میزان اثرگذاری پارامترهای شبکه، منابعی نیز هستند که به پارامترهای غیرشبکه‌ای پرداخته‌اند. مرجع [۲۲] با هدف بهینه‌سازی شیوه فشرده‌سازی به‌منظور بهبود کیفیت تجربی یک تست آزمایشگاهی انجام داده است که در نتیجه، علاوه بر نرخ قاب[۱۵] و نرخ بیت، نوع بازی و میزان مهارت کاربر نیز به عنوان پارامترهای موثر شناخته شده‌اند. مرجع [۲۳] به علایق شخصی، میزان توجه کاربر را نیز اضافه کرده است. عموماً کاربران فقط به یک سری از قسمت‌های هر صحنه

یعنی نواحی مورد علاقه خود توجه دارند. علاوه بر این، سایر شرایط مانند تفاوت انتظارها از کیفیت یک فیلم روی پرده سینما یا یک کلیپ ویدئویی روی موبایل، نوع و ویژگی‌های صفحه نمایش (اندازه، وضوح[۱۶] تصویر، روشنایی، تضاد، رنگ و زمان پاسخ)، شرایط مشاهده مانند فاصله، نور محیطی و خارجی، کیفیت و همزمانی صدا و نیز محاوره با دستگاه سرویس یا نمایش (مانند کنترل از راه دور و راهنمای برنامه الکترونیکی) نیز در نظر گرفته شده‌اند. در مرجع [۲۴] بلاکی - شدن، تار شدن و نویزی شدن تصویر در احساس ناراحتی کلی و در نتیجه در کیفیت تجربی موثر دانسته شده است. مرجع [۲۵] نیز پارامترهای مربوط به ساخت ویدئو مانند جلوه‌های واقع گرایانه، جزئیات محیطی، جزئیات بافت و نرخ قاب را مطرح می‌کند. مرجع [۲۶] ارزیابی کیفی ویدئو را امری بسیار پیچیده می‌داند که علاوه بر پارامترهای شبکه به مسائل زیادی نظیر زمان نمایش، فرکانس رخداد اعوجاج در واحد زمان، شرایط محیطی و مسائل اجتماعی بستگی دارد. در نهایت، مرجع [۲۷] بر این باور است که کیفیت تصویر، طبیعی بودن، عمق قابل مشاهده و خستگی چشم روی کیفیت ویدئو سه‌بعدی اثر می‌گذارد. جدول ۱ دسته‌بندی کلیه پارامترهای به دست آمده را نشان می‌دهد.

جدول ۱- پارامترهای اثرگذار در کیفیت ویدئو در کاربرد بازی ابری

دسته‌بندی کلی	پارامترهای مرتبط
شبکه و انتقال [۱۷] و [۱۸] و [۱۹] و [۲۱]	تأخیر - از بین رفتن بسته داده - پهنای باند
فشرده‌سازی [۲۲]	ویژگی‌های کدکننده - تبدیل فرمت - طول بردار حرکت
محتوا [۲۰]	تعداد و اندازه اشیا - میزان حرکت اشیا
فیلم‌برداری و ساخت ویدئو [۲۵]	عمق پیکسل- حرکت دوربین - زاویه دید – جلوه‌های واقع گرایانه - جزئیات محیط - جزئیات بافت - فاصله دوربین تا صحنه
محیط [۲۶]	نور محیطی و خارجی - مه - غبار - لرزش - روشنایی
سیستم نمایش و بازتولید [۲۴]	اندازه صفحه نمایش- وضوح صفحه نمایش- میزان روشنایی - رنگ - محتوی- فاصله تا صفحه نمایش- کیفیت صدا و همزمانی
بیننده [۲۳]	علایق شخصی
سیستم نمایش و بازتولید [۲۴]	ناحیه مورد علاقه
بیننده [۲۳]	تجربیات ویدئویی - میزان تمرکز روی محتوا

۳-۲- انتخاب پارامترهای اثرگذار در کیفیت بازی‌های ابری

در گام سوم الگوریتم پیشنهادی، پس از مطالعه و دسته‌بندی پارامترها باید مهم‌ترین و اثرگذارترین آنها را در کیفیت تجربی یک بازی ابری انتخاب کنیم. مطالعات روی میزان تأثیرگذاری پارامترهای خاص حوزه بازی‌های ابری به این نتیجه منجر شد که اگرچه بسیاری از عوامل موثر در کیفیت ویدئو در سایر کاربردها، در اینجا هم نقش بسیار مهمی دارند، اما چند پارامتر را می‌توان در مورد ویدئوهای بازی برجسته‌تر و اثرگذارتر دانست. درست است که بازی ابری در واقع مشاهده ویدئوهای ابری توسط کاربر است، اما برخلاف سایر حوزه‌ها که کاربر با دقت تمام روی کلیه مسائل مربوط به کیفیت ویدئو تمرکز دارد، در مورد بازی‌های ابری آنچه برای کاربر بسیار مهم و حیاتی است و بنابراین روی نظر او از کیفیت بازی به شدت اثر می‌گذارد، کسب امتیاز بالا یا برنده شدن است. طبیعتاً در یک ویدئو مرتبط با بازی ابری اشیای بسیاری در صحنه بازی قرار دارند که در یک ویدئوی صرف هر یک از آنها می‌توانند نقش کلیدی در بهبود کیفیت ایفا کنند. اما، در ویدئوهای بازی کاربر ممکن است اصلاً به اشیایی که در برد و باخت او نقشی ندارند، توجهی نداشته و صرفاً روی اشیا و قسمت‌هایی از ویدئو متمرکز شود که به برد یا بالا رفتن امتیازش در بازی منجر می‌شوند. بنابراین می‌توان گفت که کیفیت ناحیه مورد علاقه کاربر، عاملی اساسی در ارزیابی کیفیت ویدئو در بازی‌های ابری خواهد بود. در این مقاله از این پارامتر در تعیین معیار ارزیابی کمی کیفیت ویدئو در این کاربرد استفاده شده است. منظور از ناحیه مورد علاقه، نقاطی از ویدئوی بازی است که کاربر در طول بازی بیشتر به آنها نگاه کرده یا به اصطلاح خیره شده است.

طبیعتاً نقش کیفیت نواحی مورد علاقه در کیفیت کلی تصویر از نواحی دیگر بیشتر است و بنابراین باید ترتیبی دهیم که میزان دخالت آنها در محاسبه کیفیت کلی تصویر در مقایسه با نواحی غیر مورد علاقه افزایش یابد. بر این اساس، در این مقاله پیشنهاد می‌شود که برای به‌دست آوردن کیفیت نهایی از جمع وزن‌دار کیفیت نواحی مختلف تصویر استفاده کنیم و وزن نواحی مورد علاقه کاربر در این جمع وزن‌دار بیشتر از سایر نواحی باشد.

یکی از ساده‌ترین روش‌های ارزیابی کیفیت در ویدئو میانگین گرفتن از معیارهای کیفیت قسمت‌های مختلف ویدئو است. به‌عنوان مثال در یک ویدئو، میانگین کیفیت فریم‌های مختلف به‌عنوان کیفیت نهایی ویدئو درنظر گرفته می‌شود. اگرچه این روش پیچیدگی محاسباتی کمی دارد، اما اثر کیفیت بخش‌های مختلف ویدئو به‌صورت یکسان در کیفیت نهایی بازتاب داده می‌شود. برای مثال، فرض کنید در یک ویدئو، دو فریم مختلف داریم که میانگین مربعات خطای آنها به‌ترتیب ۱۰۰ و ۴۰ است. حال ویدئوی دیگری را با دو فریم و میانگین مربعات خطای ۷۰ و ۷۰ در نظر بگیرید. با جمع‌کردن اعوجاج دو فریم این دو ویدئو، میانگین مربعات خطای نهایی هر دو ویدئو یکسان خواهد بود، که قطعاً گمراه‌کننده است، زیرا در حالت اول، تقریباً تمام جزئیات فریم اول (فریمی که میانگین مربعات خطای آن ۱۰۰ است) از بین می‌رود ولی این موضوع در کیفیت نهایی بازتاب داده نمی‌شود. بنابراین، میانگین‌گیری ساده از معیارهای کیفیت قسمت‌های مختلف ویدئو، اثر کیفیت هر قسمت را در کیفیت نهایی به‌خوبی بازتاب نمی‌دهد.

در این حالت، استفاده از جمع وزن‌دار می‌تواند راه‌حل بهتری باشد. مقدار وزن هر قسمت از ویدئو در محاسبه کیفیت نهایی، بر حسب میزان اهمیت آن قسمت در کیفیت نهایی دریافتی توسط کاربر یا بر اساس کاربرد مورد نظر تعیین شود. کارایی این روش به میزان قابل توجهی به مقادیر انتخاب‌شده برای وزن‌ها و قابلیت تغییر دادن آنها در موقعیت‌های متفاوت بستگی خواهد داشت. ویژگی‌های متفاوتی می‌تواند برای انتخاب مقادیر مناسب برای وزن‌ها درنظر گرفته شود، ولی بدون شک استفاده از ویژگی‌های خاص ویدئو در کاربرد مورد نظر برای انتخاب آنها به تخمین مناسب‌تر میزان کیفیت نهایی ویدئو منجر خواهد شد.

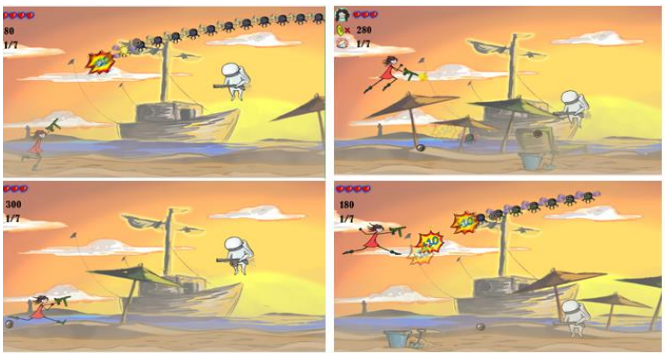
به همین جهت، در این مقاله، معیار جمع وزن‌دار برای ارزیابی کیفیت ویدئو در بازی‌های ابری پیشنهاد شده است. به‌منظور استخراج وزن مناسب نیز از ویژگی مهم بازی‌های ابری، یعنی مورد علاقه بودن یا نبودن نواحی مختلف بازی برای بازیکن استفاده شده است. مطالعات ما نشان می‌دهد که بحث ناحیه مورد علاقه، تاکنون در معیارهای ارزیابی کمی کیفیت ویدئو در بازی‌های ابری استفاده نشده است.

۳-۳- استخراج ناحیه مورد علاقه

به دست آوردن ناحیه مورد علاقه همواره مورد توجه پژوهشگران کیفیت ویدئو در کاربردهای مختلف بوده است و روش‌هایی نیز برای این امر ابداع شده است [۲۸] و [۲۹] و [۳۰].

در این مقاله، برای به‌دست آوردن ناحیه مورد علاقه از نتایج پژوهشی که در [۳۱] انجام شده، استفاده شده است. در این پژوهش از ویدئوهای جریان‌سازی شده یک بازی ابری به نام سامی استفاده شده است. این بازی چندین سطح دارد و در هر سطح، تعدادی شی وارد شده، حرکت می‌کنند و خارج می‌شوند. سامی شخصیت اصلی این بازی است که بطور افقی در طول صفحه بازی می‌دود. او سه نوع دشمن دارد که باید هدف بگیرد و شلیک کند و اهداف امتیازآور بازی را نیز

بگیرد. موانعی نیز گه‌گاه بر سر راهش ظاهر می‌شوند که او باید در هنگام مواجهه با آنها بپرد و سپس دوباره به دویدن ادامه دهد. شکل ۲ برخی صحنه‌های این بازی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- صحنه‌های بازی سامی

این بازی، طی ۱۳۵ نشست توسط ۸۰ بازیکن نوزده تا سی ساله که حدود ۲۳ درصد از آنها زن هستند، در شرایط طبیعی و با نور محیطی روی مانیتورهای ۲۰ اینچی LED سامسونگ انجام شده و نقاطی که این کاربران به آنها بیشتر توجه کرده بودند، یعنی نقاط خیرگی برای چشم چپ و راست آنان توسط یک دستگاه ردگیری چشم، ثبت و در یک مجموعه داده ذخیره شده است. دستگاه ردگیری چشم، داده‌ها را بصورت رکورد به رکورد تولید می‌کند. یک رکورد زمانی معتبر تلقی می‌شود که در آن هر دو چشم شناسایی شده باشند و داده نهایی نیز وقتی معتبر است که نود درصد رکوردهای آن معتبر باشند. استفاده از دستگاه ردگیری چشم در حین بازی، اختلالی در زمینه بازی کاربر ایجاد نمی‌کند. این دستگاه تنها روی مانیتور نصب می‌شود و به‌صورت اتوماتیک، به ردگیری چشم کاربر می‌پردازد. در این مقاله، از ویدئوهای بازی و همچنین نقاط خیرگی ارائه شده در مرجع [۳۱] استفاده شده و با پردازش داده‌های خام ارائه شده در این مرجع، داده‌های مورد نیاز جهت به‌دست آوردن معیار مناسب مبتنی بر ناحیه مورد علاقه استخراج شده است. در داده‌های خام اشاره‌شده، میزان خیرگی کاربران به هر یک از نقاط تصویر برای هر دو چشم چپ و راست به تفکیک مشخص شده است. لازم به ذکر است که هر بازی دیگری نیز می‌تواند در روند استخراج ناحیه مورد علاقه استفاده شود.

۳-۴- تعیین معیار کمی جهت ارزیابی کیفیت بازی‌های ابری

گام چهارم در روش پیشنهادی مقاله، ارائه معیار ارزیابی کمی کیفیت ویدئو بر اساس پارامتر ناحیه مورد علاقه کاربر است. همان‌طور که اشاره شد، در این مقاله پیشنهاد شده است که از روش جمع وزن‌دار کیفیت نواحی مختلف تصویر جهت استخراج کیفیت کل تصویر استفاده شود. به این صورت که ابتدا تصویر را به قسمت‌های مساوی تقسیم کرده و میزان کیفیت هر قسمت را تعیین کنیم. در نهایت میزان کیفیت نهایی تصویر، جمع وزن‌دار کیفیت این نواحی خواهد بود. به منظور استخراج وزن مناسب برای هر قسمت از تصویر از پارامتر میزان توجه کاربر به آن قسمت، استفاده می‌شود. برای تعیین میزان علاقه کاربر به هر قسمت نیز از میزان خیرگی کاربر به آن قسمت استفاده می‌کنیم. به این ترتیب که نقاط مورد علاقه کاربر در هر قسمت از تصویر شمارش می‌شود. نقاط مورد علاقه نقاطی هستند که کاربر به دفعات بیشتری به آنها خیره شده است. در این مقاله، درصد فراوانی مطلق نقاط خیرگی در هر بلوک نسبت به کل تصویر را به‌عنوان وزن کیفیت آن بلوک درنظر می‌گیریم. به این ترتیب، میزان توجه کاربر به نواحی مختلف تصویر به طور مستقیم در محاسبه کیفیت کلی موثر خواهد بود.

به منظور محاسبه این وزن، در مرحله اول، باید نقاطی با بیشترین میزان خیرگی مربوط به پانزده نشست از بازی سامی استخراج شود. اندازه ویدئوهای بازی ۱۲۸۰ × ۷۲۰ پیکسل است که به منظور انجام محاسبات، آنها را به بلوک‌های ۲۰۰ × ۲۰۰ تقسیم کرده‌ایم. به این ترتیب هر قاب ویدئویی به هجده بلوک ۲۰۰ × ۲۰۰ تقسیم شده است. درصد فراوانی مطلق نقاط خیرگی کاربر به هر یک از این قسمت‌ها نسبت به کل تصویر، وزن در نظر گرفته شده برای این بلوک خواهد بود. مقادیر وزن‌ها را برای هر یک از کاربران تست‌شده پیدا کرده و از کل آنها میانگین گرفتیم. این مقدار به‌عنوان وزن نهایی این بلوک خاص در محاسبه میزان کیفیت نهایی بر اساس جمع وزن‌دار نواحی مختلف در نظر گرفته خواهد شد. لازم به ذکر است که علت انتخاب این ابعاد تنها کاهش پیچیدگی محاسباتی است. جهت استخراج ابعاد مناسب برای بلوک‌ها اندازه‌های مختلف از جمله ۱۰۰ × ۱۰۰ نیز مورد بررسی قرار گرفت. با تغییر اندازه، از جهت میزان ضرایب وزن استخراج‌شده، تغییر محسوسی نداشتیم و تنها پیچیدگی محاسباتی بالاتر می‌رفت. برای مثال، تعداد نقاط خیرگی در بلوک‌های ۱۰۰ × ۱۰۰ نصف بلوک‌های ۲۰۰ × ۲۰۰ است، و چون وزن بلوک‌ها بر اساس درصد فراوانی مطلق نقاط خیرگی تعیین می‌شود، وزن در بلوک‌های ۱۰۰ × ۱۰۰ تقریباً نصف وزن در بلوک‌های ۲۰۰ × ۲۰۰ می‌شود. بنابراین دقت محاسبه وزن در بلوک‌هایی با اندازه کوچک‌تر بیشتر نخواهد بود. کوچک کردن اندازه بلوک تنها حجم محاسبات را بالا برده و پیچیدگی محاسباتی را بیشتر می‌کند. در بلوک‌هایی با اندازه بزرگ‌تر از ۲۰۰ × ۲۰۰ نیز همبستگی مکانی بین داده‌ها از بین رفته و اعداد به‌دست آمده برای کیفیت هر بلوک که در جمع وزن‌دار استفاده خواهد شد، منطقی نخواهد بود. به‌این دلایل، در این مقاله اندازه بلوک‌ها ۲۰۰ × ۲۰۰ در نظر گرفته شده است. جدول ۲ وزن‌های محاسبه‌شده برای هر یک از بلوک‌های ۲۰۰ × ۲۰۰ ویدئو در ۱۵ نشست از بازی سامی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- وزن‌های محاسبه‌شده برای هر یک از بلوک‌های ۲۰۰ × ۲۰۰ در ۱۵ نشست از بازی سامی

	X					
y	۲۹/۲۰	۱۳/۵۱	۱۷/۱۵	۱۹/۵۷	۱۷/۸۱	۲۴/۸۱
	۵/۳۹	۲۶/۸۹	۲۹/۵۷	۳۳/۸۰	۳۱/۶۰	۲۶/۲۸
	۱۱/۶۰	۲۶/۵۲	۲۵/۹۱	۳۰/۰۷	۲۹/۵۴	۲۰/۵۵

به‌منظور محاسبه میزان کیفیت هر بلوک، از معیارهای ارزیابی کمی کیفیت مانند PSNR و SSIM استفاده شده است. به این ترتیب که ۲۰۰ قاب از فایل‌های ویدئویی بازی با استفاده از استاندارد HEVC [۳۲] و با مقادیر پارامتر کوانتیزاسیون ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ کدگذاری و رمزگشایی[۱۷] شدند. سپس، فایل‌های رمزگشایی شده را نیز به همان بلوک‌های ۲۰۰ × ۲۰۰ تقسیم کرده و با استفاده از بلوک‌های اصلی و رمزگشایی شده، مقدار کیفیت هر بلوک بر حسب PSNR و SSIM محاسبه شد. البته روش پیشنهادی مستقل از معیار استفاده شده است و هر معیار ارزیابی کیفیت دیگری مانند VQM [۹] نیز می‌تواند در روش پیشنهادی در این مقاله مورد استفاده قرار گیرد. به این معنی که ایده و نوآوری معیار پیشنهادی جمع وزن‌دار کیفیت نواحی مختلف بلوک است. بنابراین کیفیت نواحی مختلف می‌تواند بر اساس هر یک از معیارهای معمول مانند PSNR، SSIM و غیره محاسبه شده و در نهایت جمع وزن‌دار آن‌ها بر اساس روش پیشنهادی محاسبه شود.

در نهایت میزان کیفیت نهایی بر اساس جمع وزن‌دار بلوک‌ها و با استفاده از فرمول زیر به‌دست آمد.

$$Final\ Score = \frac{\sum_{i=1}^{18} w_i * Q_i}{\sum_{i=1}^{18} w_i} \qquad (۱)$$

در این فرمول، w_i وزن استخراج‌شده برای بلوک i است که از جدول ۲ قابل استخراج هستند. Q_i مقدار کیفیت کمی به‌دست آمده برای بلوک i بر حسب PSNR یا SSIM است. عدد ۱۸ نیز تعداد بلوک‌های ۲۰۰ × ۲۰۰ در هر قاب بر اساس اندازه قاب را نشان می‌دهد.

جدول ۳ مقادیر استخراج‌شده برای کیفیت نهایی کمی چند نشست نمونه با استفاده از رابطه (۱) که با پارامترهای کوانتیزاسیون مختلف کدگذاری شده‌اند، را نشان می‌دهد.

جدول ۳= نمرات کیفی نهایی برای چند نشست نمونه

نشست	QP	کیفیت نهایی	نشست	QP	کیفیت نهایی	نشست	QP	کیفیت نهایی
s۶	۱۵	۳۹/۱	s۱۰	۱۵	۳۸/۷	s۱۳	۱۵	۴۱/۷
	۲۰	۳۹/۱		۲۰	۳۸/۹		۲۰	۴۱/۲
	۲۵	۳۸/۷		۲۵	۳۸/۵		۲۵	۴۰/۳
	۳۰	۳۷/۷		۳۰	۳۷/۶		۳۰	۳۹/۰
s۷	۱۵	۴۱/۵	s۱۱	۱۵	۴۰/۱	s۱۵	۱۵	۳۹/۲
	۲۰	۴۱/۱		۲۰	۳۹/۸		۲۰	۳۹/۳
	۲۵	۴۰/۳		۲۵	۳۹/۲		۲۵	۳۸/۸
	۳۰	۳۹/۱		۳۰	۳۸/۱		۳۰	۳۷/۸
s۸	۱۵	۴۰/۲	s۱۲	۱۵	۴۰/۹	s۱۶	۱۵	۴۱/۳
	۲۰	۳۹/۷		۲۰	۴۰/۵		۲۰	۴۰/۷
	۲۵	۳۹/۵		۲۵	۳۹/۸		۲۵	۴۰/۱
	۳۰	۳۸/۴		۳۰	۳۸/۷		۳۰	۳۸/۹

۴- نتایج ارزیابی

در گام پنجم روش پیشنهادی و به‌منظور ارزیابی دقت معیار کمی ارزیابی کیفیت استخراج‌شده باید میزان همبستگی آن با نتایج حاصل از ارزیابی کیفی ویدئو مورد استناد قرار گیرد. به این منظور، آزمایشی تجربی ترتیب داده شد و با استفاده از روش DSCQS که در استاندارد ITU-R Recommendation 500 [۳۳] توضیح داده شده است، نظرات کیفی کاربران در مورد ویدئوهای ساخته شده را جمع‌آوری کردیم.

در این آزمایش ۱۵ بیننده که ۸ نفر از آنها زن و بقیه مرد از محدوده سنی ۲۳ تا ۶۵ سال بودند و هیچ‌کدام از آنها در زمینه پردازش ویدئو و نیز روش‌های ارزیابی کیفیت، تخصص و تجربه‌ای نداشتند، شرکت کردند. دستگاه نمایش یک مانیتور ۱۹ اینچی با وضوح تصویر ۷۶۸ × ۱۳۶۶ و محیط نمایش بدون پنجره و دارای شرایط نور محیطی انتخاب شد. به هر بیننده در چند مرحله ویدئوی اصلی و ویدئوی رمزگشایی‌شده با فاصله ۳ ثانیه‌ای و به‌صورت تصادفی، نشان داده شد. زمان انجام این آزمایش نیز برای هریک از شرکت کنندگان ۲۰ دقیقه در نظرگرفته شده است. نظر کاربران را به‌صورت نمراتی در مقیاس ۱ تا ۵ که به‌ترتیب نشان-دهنده کیفیت‌های بد، ضعیف، متوسط، خوب و عالی است، ثبت کرده برای محاسبه نمره MOS برای هر ویدئو از نمرات کاربران به آن ویدئو میانگین گرفتیم.

جدول ۴ نتایج به دست آمده از این آزمایش را نشان می‌دهد.

به منظور مقایسه میانگین نمرات نظری کاربران با نتایج به‌دست آمده از معیار پیشنهادی، ضریب همبستگی بین مقادیر کیفی و کمی را محاسبه کردیم. ضریب همبستگی استفاده شده در این مقاله از رابطه زیر محاسبه شده‌است.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\bar{X})\times(Y_i-\bar{Y})}{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\bar{X})^2\times\sum_{i=1}^{N}(Y_i-\bar{Y})^2} \qquad (۲)$$

جدول ۴= میانگین نمرات نظری کاربران به فایل‌های ساخته شده

نشست	QP	MOS	نشست	QP	MOS	نشست	QP	MOS
s۶	۱۵	۳/۵	s۱۰	۱۵	۴	s۱۳	۱۵	۴
	۲۰	۳/۵		۲۰	۴		۲۰	۳/۵
	۲۵	۳		۲۵	۳		۲۵	۳/۵
	۳۰	۳		۳۰	۳		۳۰	۳/۵
s۷	۱۵	۵	s۱۱	۱۵	۴	s۱۵	۱۵	۴/۵
	۲۰	۳		۲۰	۳		۲۰	۳/۵
	۲۵	۲		۲۵	۳		۲۵	۳
	۳۰	۲		۳۰	۳		۳۰	۳
s۸	۱۵	۴/۵	s۱۲	۱۵	۴	s۱۶	۱۵	۴
	۲۰	۳/۵		۲۰	۳/۵		۲۰	۴
	۲۵	۴/۵		۲۵	۴		۲۵	۳
	۳۰	۳		۳۰	۳		۳۰	۳

که در آن X_i و Y_i به‌ترتیب، نمرات ارزیابی کیفی و کمی را نشان می‌دهند و $\bar{X}$ و $\bar{Y}$ به‌ترتیب، میانگین نمرات ارزیابی کیفی و کمی و N تعداد تست‌ها را نشان می‌هد. ضرایب همبستگی به‌دست آمده برای نشست‌های مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی استخراج‌شده بین نمرات ارزیابی کیفی و کمی

نشست	ضریب همبستگی
s۶	۰/۸
s۷	۰/۸
s۸	۰/۸
s۱۰	۰/۸
s۱۱	۰/۶
s۱۲	۰/۷
s۱۳	۰/۶
s۱۵	۰/۶
s۱۶	۰/۸

مقدار میانگین ضریب همبستگی به دست آمده برای مجموعه تست‌های انجام شده، ۰/۷ است که حاکی از برقراری همبستگی بالا میان نمرات کیفیت به دست آمده از معیار پیشنهادی ما با میانگین نمرات نظری کاربران است.

در ادامه و به‌منظور اثبات کارایی روش ارائه شده در این مقاله روش موجود با یکی از روش‌های قبلی [۳۴] که مشابه روش فعلی است، مقایسه شده است. همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، روش‌های ارائه‌شده جهت ارزیابی کیفیت ویدئو بیشتر تجربی و کیفی هستند و معیارهای بسیار محدودی جهت ارزیابی کمی این ویدئوها پیشنهاد شده است. به همین جهت کارهای متعدد جهت مقایسه با روش پیشنهادی وجود ندارد و مقاله جدیدتری که رویکری قابل مقایسه با مقاله موجود داشته باشد، نیز جهت مقایسه پیدا نشد. در مقاله [۳۴] بیان شده است که معمولاً افراد روی اشیا متحرک بازی تمرکز بیشتری دارند. بنابراین میزان اعوجاج در اشیا غیرمتحرک که مورد نظر کاربر نیست، در کیفیت نهایی اثر چندانی نخواهد داشت. این مقاله عنوان می‌کند که می‌توان وزن متفاوتی برای کیفیت اشیا مختلف تصویر بر حسب متحرک بودن یا نبودن آنها، در نظر گرفت. بنابراین در این مقاله جهت

استخراج ناحیه مورد علاقه از روش تشخیص اشیا متحرک استفاده شده است. روش ارائه شده در این مرجع بر روی بازی سامی پیاده‌سازی شد. به این ترتیب که در این بازی سه شی مختلف شامل بازیکن سامی، یکی از موانع پر تحرک و کل پس‌زمینه تصویر که حرکت چندانی ندارد، در نظر گرفته شدند. سپس وزن هر شی بر اساس میزان حرکت شی، به‌دست آمد و در محاسبه کیفیت نهایی با روش جمع وزن‌دار اشیا به‌کار گرفته شد. مقدار PSNR نهایی محاسبه شده و نتایج حاصل از ارزیابی کیفی برای روش پیشنهادی و روش ارائه شده در مر جع [۳۴] برای چهار نشست مختلف در جدول ۶ نشان داده شده است. جدول ۷ نیز مقدار ضرایب همبستگی بین معیار ارائه‌شده ارزیابی کمی و نتایج ارزیابی کیفی در روش پیشنهادی و روش ارائه‌شده در مرجع [۳۴] را نشان می‌دهد. روش پیشنهادی در مقاله مرجع بر روی بازی مورد آزمایش در این مقاله، یعنی بازی سامی، به‌طور کامل پیاده‌سازی شده است، بنابراین نتایج به‌صورت عادلانه قابل مقایسه هستند.

جدول ۷ نشان می‌دهد که میانگین ضرایب همبستگی روش پیشنهادی در این مقاله برای چهار نشست ۶ و ۷ و ۱۰ و ۱۱ برابر ۰/۸ و در روش ارائه‌شده در مقاله [۳۴] برابر ۰/۷ است. روش‌های استخراج اشیا معمولاً روش‌هایی با پیچیدگی محاسباتی بالا هستند. اما در روش پیشنهادی در این مقاله نیازی به جدا کردن اشیا تصویر نداریم و اندازه‌گیری کیفیت با روش بلوک‌بندی و ردگیری چشم انجام می‌شود که پیچیدگی محاسباتی کمتری نسبت به روش پیشنهادی در [۳۴] که اشیا را جداسازی می‌کند، دارد. ضمناً در این مقاله در خصوص نحوه جداسازی اشیا پیش‌زمینه و پس‌زمینه توضیحی داده نشده است. درحالیکه روش‌پیشنهادی در این مقاله به‌طور کامل در مورد نحوه استخراج نواحی مورد نظر کاربر با تکیه بر سنجش میزان خیرگی توضیح داده است. همان‌طور که پیشتر اشاره شد، دستگاهی که به‌منظور استخراج نقاط خیرگی استفاده شده است، بر روی مونیتور کاربر نصب می‌شود و تنها چشم کاربر را ردگیری می‌کند. بنابراین هیچ اختلالی در زمینه بازی کاربر ایجاد نمی‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک روش جدید برای ارزیابی کیفیت ویدئو در بازی‌های ابری پیشنهاد شد. با وجود کارهای قبلی انجام‌شده، ارزیابی کیفیت ویدئو در کاربردهای مختلف همچنان چالش برانگیز است و دامنه این چالش‌ها در بازی‌های ابری گسترده‌تر نیز می‌شود. با توجه به معماری سیستم‌های بازی ابری و ماهیت محاوره‌ای و بی‌درنگ این سیستم‌ها، امکان استفاده از روش‌های کیفی و کمی که تاکنون در سایر کاربردهای ویدئو به‌منظور ارزیابی کمی کیفیت ویدئو پیشنهاد شده یا به‌کار رفته است، به‌صورت کارا و موثر وجود ندارد. روش پیشنهادی در این مقاله سعی می‌کند، پارامترهای مختص بازی‌های ابری، در محاسبه معیار ارزیابی کمی کیفیت در این حوزه را مورد بررسی قرار داده و یک معیار متناسب با این کاربرد استخراج کند که نتایج آن با نمرات نظری کاربران انطباق بیشتری داشته باشد. روش پیشنهادی در این مقاله، پارامترهای خاص اثرگذار در کیفیت ویدئوهای بازی‌های ابری را مورد مطالعه قرار داده و یکی از مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار در کیفیت ویدئوهای بازی ابری که میزان توجه کاربر به نواحی مختلف ویدئو است، را انتخاب کرده است. سپس از روش جمع وزن‌دار کیفیت نواحی مختلف به عنوان نمره کیفیت نهایی ویدئو استفاده شده است. مقدار وزن این نواحی بر اساس پارامتر انتخابی یعنی میزان توجه کاربر انتخاب می‌شود. میانگین بالای ضریب همبستگی با مقدار ۰/۷ میان نتایج حاصل از ارزیابی کمی کیفیت ویدئو با استفاده از روش پیشنهادی در این مقاله و میانگین نمرات نظری کاربران، دقت معیار پیشنهادی را تأیید می‌کند.

جدول ۶- نتایج حاصل از ارزیابی کیفیت کمی به‌دست آمده برای چهار نشست مختلف برای روش پیشنهادی در مقایسه با روش مقاله [۳۴]

نشست s۶				
روش مقاله [۳۴]		روش پیشنهادی		
MOS	کیفیت کمی	MOS	کیفیت کمی	QP
۳/۵	۳۷/۹۲	۳/۵	۳۹/۱	۱۵
۳/۵	۳۷/۹۲	۳/۵	۳۹/۱	۲۰
۳	۳۷/۶۵	۳	۳۸/۷	۲۵
۳	۳۶/۷۳	۳	۳۷/۷	۳۰
نشست s۷				
روش مقاله [۳۴]		روش پیشنهادی		
MOS	کیفیت کمی	MOS	کیفیت کمی	QP
۵	۴۰/۹۸	۵	۴۱/۵	۱۵
۳	۴۰/۶۷	۳	۴۱/۱	۲۰
۲	۳۹/۹۹	۲	۴۰/۳	۲۵
۲	۳۸/۷۸	۲	۳۹/۱	۳۰
نشست s۱۰				
روش مقاله [۳۴]		روش پیشنهادی		
MOS	کیفیت کمی	MOS	کیفیت کمی	QP
۴	۳۷/۳۳	۴	۳۸/۷	۱۵
۴	۳۷/۲۲	۴	۳۸/۹	۲۰
۳	۳۶/۹۴	۳	۳۸/۵	۲۵
۳	۳۶/۲۷	۳	۳۷/۶	۳۰
نشست s۱۱				
روش مقاله [۳۴]		روش پیشنهادی		
MOS	کیفیت کمی	MOS	کیفیت کمی	QP
۴	۳۷/۵۸	۴	۴۰/۱	۱۵
۳	۳۷/۳۹	۳	۳۹/۸	۲۰
۳	۳۷/۰۱	۳	۳۹/۲	۲۵
۳	۳۶/۲	۳	۳۸/۱	۳۰

جدول ۷: مقایسه ضریب همبستگی بین معیار ارزیابی کیفیت کمی و معیار ارزیابی کیفیت کیفی در روش پیشنهادی و روش مقاله [۳۴]

	ویدئو	s۶	s۷	s۱۰	s۱۱	میانگین
روش پیشنهادی	ضریب همبستگی	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۶	۰/۸
روش مقاله [۳۴]	ضریب همبستگی	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۵	۰/۷

مراجع

[1] H. Roodaki, M. R. Hashemi, and S. Shirmohammadi, "A new methodology to derive objective quality assessment metrics for scalable multiview 3D video coding," *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, vol. 8, no. 3s, 2012.

[2] S. S. Sabet, M. R. Hashemi, and M. Ghanbari, "A testing apparatus for faster and more accurate subjective assessment of quality of experience in cloud gaming," *IEEE International Symposium on Multimedia (ISM)*, pp. 463-466, 2016.

[3] W. Yang, L. Wu, Y. Fan, and Z. Wang, "A method of image quality assessment based on region of interest," *7th World Congress on Intelligent Control and Automation*, pp. 6840-6843, 2008.

[4] D. Ghadiyaram, C. Chen, S. Inguva, and A. Kokaram, "A no-reference video quality predictor for compression and scaling artifacts," presented at *the International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 3445-3449, 2017.

[5] Y. Liu, L. Song, R. Xie, and W. Zhang, "A generic method to improve no-reference image blur metric accuracy in video contents," presented at *the Visual Communications and Image Processing (VCIP)*, pp. 1-4, 2017.

[6] M. T. Vega, D. C. Mocanu, S. Stavrou, and A. Liotta, "Predictive no-reference assessment of video quality," S*ignal Processing: Image Communication*, vol. 52, pp. 20-32, 2017.

[7] G. Jiang, S. Liu, M. Yu, F. Shao, Z. Peng, and F. Chen, "No reference stereo video quality assessment based on motion feature in tensor decomposition domain," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 50, pp. 247-262, 2018.

[8] M. Karimi, N. Soltanian, S. Samavi, K. Najarian, N. Karimi, and S. R. Soroushmehr, "Blind stereo image quality assessment inspired by brain sensory-motor fusion," *Digital Signal Processing*, vol. 91, pp. 91-104, 2019.

[9] J .L. Martínez, P. Cuenca, F. Delicado, and F. Quiles, "Objective video quality metrics: A performance analysis," *14th European Signal Processing Conference*, pp. 1-5, 2016.

[10] C. Li, X. Yang, B. Chu, W. Lu, and L. Pang, "A new image fusion quality assessment method based on contourlet and SSIM,"*In 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology*, pp. 246-249, 2010.

[11] J. M. Pedersen, M. T. Riaz, J. C. Junior, B. Dubalski, D. Ledzinski, and A. Patel, "Assessing Measurements of QoS for Global Cloud Computing Services," *IEEE Ninth International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing (DASC)*, pp.682-689, 2011.

[12] *Ubicom White Paper*, Opscore or online playability score: A metric for playability of online games with network impairments, 2005.

[13] A.F. Wattimena, R.E. Kooij, J.M. Van Vugt, and O.K. Ahmed, "Predicting the perceived quality of a first person shooter: the quake iv g-model," In *Proceedings of 5th ACM SIGCOMM workshop on Network and system support for games*, p.42, 2006.

[14] P. Chen and M. El Zarki, "Perceptual view inconsistency: an objective evaluation framework for online game quality of experience (qoe)," *In 10th Annual Workshop on Network and Systems Support for Games,* pp. 1-6, 2011.

[15] L. Venturelli, D. Picovici, and J. Kehoe, "Online game quality assessment," *Irish Signals & Systems Conference 2014 and 2014 China-Ireland International Conference on Information and Communications Technologies*, pp. 334 – 339, 2013.

[16] K. Sun and D. Wu, "Video rate control strategies for cloud gaming," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 30, pp. 234-241, 2015.

[17] S. P. Chuah, N. M. Cheung, and C. Yuen, "Layered Coding for Mobile Cloud Gaming Using Scalable Blinn-Phong Lighting," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 25, no. 7, pp. 3112 - 3125, 2016.

[18] S. Shi, C.H. Hsu, K. Nahrstedt, and R. Campbell, "Using graphics rendering contexts to enhance the real-time video coding for mobile cloud gaming," *19th ACM international conference on Multimedia*, pp. 103-112, 2011.

[19] J. Wu, C. Yuen, N.-M. Cheung, J. Chen, and C. W. Chen, "Enabling adaptive high-frame-rate video streaming in mobile cloud gaming applications," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 25, no. 12, pp. 1988-2001, 2015.

[20] M. Hemmati, A. Javadtalab, A. A. Nazari Shirehjini, S. Shirmohammadi, and T. Arici, "Game as video: Bit rate reduction through adaptive object encoding," *23rd ACM Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video*, pp. 7-12, 2013.

[21] W. Cai and V. C. Leung, "Multiplayer cloud gaming system with cooperative video sharing," *IEEE 4th International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*, pp. 640-645, 2012.

[22] I. Slivar, L. Skorin-Kapov, and M. Suznjevic, "Cloud gaming QoE models for deriving video encoding adaptation strategies," *7th International Conference on Multimedia Systems*, p.18, 2016.

[23] S. Winkler and P. Mohandas, "The evolution of video quality measurement: From PSNR to hybrid metrics," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 54, no. 3, pp. 660-668, 2008.

[24] M. C. Farias and S. K. Mitra, "No-reference video quality metric based on artifact measurements," *IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 141-144, 2005.

[25] W. Cai, M. Chen, and V. C. Leung, "Toward gaming as a service," *IEEE Internet Computing*, vol. 18, no. 3, pp. 12-18, 2014.

[26] N. Staelens, S. Moens, W. Van den Broeck, I. Marien, B. Vermeulen, P. Lambert, R.V.D. Walle, and P. Demeester, "Assessing quality of experience of IPTV and video on demand services in real-life environments," I*EEE Transactions on broadcasting*, vol. 56, no. 4, pp. 458-466, 2010.

[27] S .Yasakethu, C. T. Hewage, W. A. C. Fernando, and A. M. Kondoz, "Quality analysis for 3D video using 2D video quality models," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 54, no. 4, pp. 1969-1976, 2008.

[28] M. S. Hossain, G. Muhammad, B. Song, M. M. Hassan, A. Alelaiwi, and A. Alamri, "Audio–visual emotion-aware cloud gaming framework," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 25, no. 12, pp. 2105-2118, 2015.

[29] N. Tizon, C. Moreno, and M. Preda, "ROI based video streaming for 3D remote rendering," *IEEE 13th International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)*, pp. 1-6, 2011.

[30] B. Falchuk, T. Żernicki, and M. Koziuk, "Towards streamed services for co-located collaborative groups," *8th International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (CollaborateCom)*, pp. 306-315, 2012.

[31] H. Ahmadi, S. Z. Tootaghaj, S. Mowlaei, M. R. Hashemi, and S. Shirmohammadi, "GSET somi: a game-specific eye tracking dataset for somi," (http://www.site.uottawa.ca/~shervin/gaze/), *In 7th International Conference on Multimedia Systems*, p. 42, 2016.

[32] G. Sullivan, J. M. Boyce, Y. Chen, J.R. Ohm, C. Andrew Segall, and A. Vetro, "Standardized extensions of high efficiency video coding (HEVC)," *IEEE Journal of selected topics in Signal Processing*, vol. 7, no. 6, pp. 1001-1016, 2013.

[33] ITU-R Recommendation BT.500-10, Methodology for the subjective assessment of the quality of television picture, 2000.

[34] S. Winkler and P. Mohandas, "The evolution of video quality measurement: From PSNR to hybrid metrics," *IEEE Transactions on Broadcasting,* vol. 54, no.3, pp. 660-668, 2008.

معظم منجم مدرک کارشناسی خود را از دانشگاه خوارزمی و مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی اخذ کرده‌اند. زمینه تحقیقاتی ایشان فشرده‌سازی ویدئو و بازی‌های ابری است.

آدرس پست الکترونیکی ایشان عبارت است از:

monajjem@email.kntu.ac.ir

رکسانا ابوالفتحی مدرک کارشناسی خود را در سال ۱۳۹۱ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز و مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی اخذ کرده‌اند. زمینه تحقیقاتی ایشان فشرده‌سازی ویدئو و پیاده‌سازی سخت‌افزاری مدارهای مجتمع است.

آدرس پست الکترونیکی ایشان عبارت است از:

rox.ab28@email.kntu.ac.ir

هدا رودکی مدرک کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای خود را به ترتیب در سالهای ۱۳۸۳ و ۱۳۸۶ و ۱۳۹۳ از دانشگاه‌های تهران و صنعتی شریف و تهران اخذ کرده‌اند. ایشان اکنون عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی هستند. زمینه-

های تحقیقاتی ایشان، فشرده‌سازی ویدئو شامل ویدئوهای چندنمایی، ۳۶۰ درجه و مقیاس پذیر و نیز بازی‌های ابری است.

آدرس پست الکترونیکی ایشان عبارت است از:

hroodaki@kntu.ac.ir

---

[1] Cloud Computing
[2] Cloud Gamming
[3] Frame
[4] Objective Video Quality Assessment
[5] Realtime
[6] Subjective Video Quality Assessment
[7] Region of Interest (RoI)
[8] Full Reference
[9] Reduced Reference
[10] No Reference
[11] Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)
[12] Structural SIMilarity (*SSIM*)
[13] Jitter
[14] Encode
[15] Frame rate
[16] Contrast
[17] Decode

The CSI Journal on Computing Science and Information Technology
Vol. 17, No.1, 2019

An Objective Video Quality Assessment Metric For Cloud Gaming Based on Region of Interest

Moazzam Monajjem, Roxana Abolfathi, Hoda Roodaki

Computer Engineering Department, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

The introduction of fast and reliable networks and the growth in server-based processing have provided an opportunity to run games away from the player into the cloud and offer a new service known as cloud gaming. To guarantee a sustainable quality in error prone environments, continuous quality assessment is necessary. In this paper, we propose a new methodology to build a suitable objective quality assessment metrics for cloud gaming. Our proposed methodology focuses on region of interest of the users as an effecting feature in quality assessment of cloud gaming application. Simulation results indicate that the correlation between the objective and subjective quality measure is 0.7 in average. So, the extracted quality assessment metric can be used as an effective tool in this regard by reflecting the subjective perception accurately.

Keywords: Subjective video quality assessment, Objective video quality assessment, Cloud gaming, Region of interest