



## سارای: بازی رایانه‌ای با رویکرد آموزش سلفژ در موسیقی مبتنی بر دریافت و آنالیز صوت

نازنین علی فرشباف اکبری<sup>۱</sup>، یونس سخاوت<sup>۲</sup>، محمدرضا آزادفر<sup>۳</sup>، صمد روحی<sup>۴</sup>

### مقاله پژوهشی

### چکیده

**مقدمه:** در دنیای امروز، روش‌ها و ابزارهای مورد استفاده برای یادگیری، به سرعت در حال تغییر هستند. یکی از جذاب‌ترین ابزارهای آموزشی، بازی‌های رایانه‌ای می‌باشد. سارای (Saray)، نوعی بازی آموزش سلفژ است که طی آن، کاربر در یک بستر داستانی، تمرینات آموزش سلفژ را در قالب چالش‌های درون بازی تجربه می‌کند. در این بازی، صدای بازیکن به وسیله میکروفن دریافت می‌شود.

**مواد و روش‌ها:** طبق الگوریتم و کدهای نوشته شده، صدا آنالیز و فرکانس پایه آن استخراج گردید. فرکانس به دست آمده وارد محاسبات مقایسه‌ای با الگوهای از قبل نوشته شده شد. اگر فرکانس صدای کاربر در محدوده تعریف شده بود، کاربر موفق شده است و امتیاز لازم را کسب خواهد کرد.

**یافته‌ها:** تمرینات سلفژ به شکل چالش‌های درون بازی از حالت مقدماتی به پیشرفته انجام شد. تمام صداهای ورودی در پشت صحنه پردازش گردید. به منظور پیاده‌سازی این پردازش، فرکانس صداهای ورودی تجزیه و تحلیل شد و نتیجه این آنالیز با الگوهای آموزشی از پیش طراحی شده که اصول آن به تأیید استاد موسیقی رسید، مقایسه گردید. نتیجه این قیاس درستی یا نادرستی بازخورد کاربر نسبت به چالش و تمرینات درون بازی را مشخص نمود.

**نتیجه‌گیری:** به طور خلاصه می‌توان گفت که انجام تمرینات سلفژ در قالب بازی، سبب ایجاد انگیزه برای انجام تمرینات با صرف زمان بیشتر و اثرگذاری بالا به علت جذابیت بیشتر بازی‌های رایانه‌ای می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** بازی‌های جدی؛ آموزش مجازی؛ سلفژ؛ بازی وارسازی؛ آموزش از راه دور

**ارجاع:** علی فرشباف اکبری نازنین، سخاوت یونس، آزادفر محمدرضا، روحی صمد. سارای: بازی رایانه‌ای با رویکرد آموزش سلفژ در موسیقی مبتنی بر دریافت و آنالیز صوت. پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۸؛ ۱۵ (۴): ۲۱۸-۲۱۱.

تاریخ چاپ: ۱۳۹۸/۷/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۲۴

مهم‌ترین تعاریف، تعریف Prenskey می‌باشد. از نظر او، بازی رایانه‌ای بازی ساختار یافته‌ای است که از شش عنصر کلیدی «قواعد، اهداف، بازخورد یا پیامد، رقابت یا چالش، تعامل و داستان» تشکیل شده است (۲).

برای ایجاد تعادل بین اهداف سرگرمی و آموزشی، لازم است تا ملاحظات آموزشی نیز در نظر گرفته شود تا یک تجربه یادگیری ارزشمند برای یادگیرنده فراهم گردد (۳). یکی از مهم‌ترین عوامل در بعد آموزشی، طراحی و ارزیابی رویکرد بازی‌محور، شفاف‌سازی در خصوص اهداف آموزشی است؛ چرا که اگر اهداف به دقت و صراحت تعریف نشده باشد، امکان ارزشیابی دقیق یادگیری نیز وجود نخواهد داشت (۳). لازم است یادگیرندگان پیش از شروع بازی، از اهداف

### مقدمه

سلفژ (Solfege) توانایی اجرای نت‌های موسیقی مبتنی بر فواصل موجود در انواع گام‌های موسیقی به وسیله حنجره انسان بدون همراهی ساز می‌باشد (۱). با تکیه بر تجربه سال‌ها آموزش سلفژ در تمام جهان، روشن است که در آموزش سلفژ به روش سنتی، حضور استاد برای بیان بازخوردها و نکات آموزشی و همچنین، وجود یک مکان واحد برای آموزش اجتناب‌ناپذیر است. علاوه بر این، وجود استادان متفاوت با سطح توانایی و سلیقه‌های آموزشی مختلف و در برخی مناطق عدم وجود استاد مشکل‌ساز می‌باشد. تعاریف مختلفی از بازی‌های رایانه‌ای به عمل آمده است که یکی از

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هنرهای رایانه‌ای - گرایش تولید بازی‌های رایانه‌ای، آزمایشگاه واقعیت افزوده شناختی، دانشکده چندرسانه‌ای، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
  - ۲- استادیار علوم کامپیوتر، آزمایشگاه واقعیت افزوده شناختی، دانشکده چندرسانه‌ای، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
  - ۳- استاد، دانشکده موسیقی، دانشگاه هنر تهران، تهران، ایران
  - ۴- مربی فناوری اطلاعات، دانشکده چندرسانه‌ای، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران
- نویسنده مسؤو:** نازنین علی فرشباف اکبری؛ دانشجوی کارشناسی ارشد هنرهای رایانه‌ای - گرایش تولید بازی‌های رایانه‌ای، آزمایشگاه واقعیت افزوده شناختی، دانشکده چندرسانه‌ای، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

Email: nazanin.farshbaf@tabriziau.ac.ir

مهر سال ۱۳۹۸ در دانشگاه هنر اسلامی تبریز آغاز شد. بازی آموزش سلفژ و تقویت شنوایی در اصل یک بازی مبتنی بر صدای کاربر است. چالش‌های بازی شامل تمرینات آموزشی سلفژ می‌باشد که به صورت جامع از معتبرترین منابع آموزش جهانی انتخاب گردید؛ به گونه‌ای که اگر بازیکن این بازی برای آموزش سلفژ به آموزشگاه موسیقی مراجعه کند، همین تمرینات با همین ترتیب پییده شده در بازی به او آموزش داده خواهد شد.

### یافته‌ها

**سارای:** نوعی بازی آموزش سلفژ است که در طی آن، کاربر تمرینات آموزش سلفژ را در قالب چالش‌های درون بازی، در یک بستر داستانی تجربه می‌کند. تمرینات به صورت هدفمند به گونه‌ای که پیش‌نیاز هم باشند، درون بازی قرار داده شده است. هدف بازی مذکور، آموزش سلفژ و تقویت شنوایی برای نوآموزان موسیقی به شیوه‌ای بود که فرد بتواند در حین انجام بازی به عنوان یک سرگرمی، در قالب یک بازی رایانه‌ای با روش‌های نوین، مهارت کسب کند. در طراحی اصول آموزشی این بازی، از استادان برجسته و مطرح موسیقی استفاده شد که آموزش‌های آن‌ها می‌تواند پایه بسیار مناسبی برای یادگیری نوآموزان موسیقی قرار گیرد.

تمرینات سلفژ به شکل چالش‌های درون بازی از حالت مقدماتی به پیشرفته انجام گرفت. تمام صداهای ورودی در پشت صحنه پردازش شد. به منظور پیاده‌سازی این پردازش، نیاز به عنصری از صوت بود که زیر و بمی و ویژگی‌های هر نت خاص را منحصر به فرد داشته باشد. این عنصر، فرکانس است (۹). فرکانس صداهای ورودی، تجزیه و تحلیل شد و نتیجه آن با الگوهای آموزشی از پیش طراحی شده که اصول آن به تأیید استاد موسیقی رسیده بود، مقایسه گردید. نتیجه این قیاس، درستی یا نادرستی بازخورد کاربر نسبت به چالش و تمرینات درون بازی را مشخص خواهد کرد.

**مکانیک بازی:** فرایند طراحی یک برنامه یادگیری الکترونیکی با فرایند طراحی یک بازی جدی تفاوت فراوانی دارد. محتوای یادگیری در بازی‌های جدی دارای یک نقش غالب در بازی است، اما تعاملات و مکانیک‌های بازی (Game mechanics) نباید فقط یک لایه خنده‌دار باشد که به ابزار دیجیتالی بازی افزوده می‌شود، بلکه باید در راستای اهداف یادگیری باشد و رسیدن بازیکن به اهداف یادگیری را تسهیل نماید (۱۰). یکی از عوامل مهم در بازی‌های رایانه‌ای و طراحی این بازی‌ها، مبحث مکانیک‌های بازی می‌باشد. جدیدترین تعریف از مکانیک بازی، تعریف Sicart است که آن را روش طراحی شده‌ای جهت تعامل با محیط بازی می‌داند (۱۱). با توجه به نظریه Sweigar که ۳۱ مکانیک مشهور بازی رایانه‌ای را معرفی کرد (۲)، مکانیک مراحل طراحی شده در بازی سارای در ادامه آمده است.

مرحله اول: مکانیک پریدن (Jumping) بود که به شکل سکویی طراحی شد و بازیکن در صورت سقوط از آن می‌بازد. در این مرحله، نور محیط حذف و منابع نوری به شکل فانوس اضافه شد. نورها به واسطه صدای بازیکن روشن خواهند شد.

مرحله دوم: شیء قوی (یا بزرگ و تنومند) (Bouncing object) بود که در این مرحله یک گوی نورانی از سمت مقابل به سوی بازیکن در حرکت است. این گوی نورانی با برخورد به منابع نوری موجود در محیط آن‌ها را خاموش می‌کند و بر شدت نور خودش افزوده می‌شود. اگر گوی نورانی به کاراکتر برخورد کند،

آموزشی آن مطلع شوند تا حرکت آنان در مسیر یادگیری هدفمند گردد. در فرایند آموزش‌های رسمی، ضرورت دارد که طراحی بازی در راستای تحقق اهداف تعیین شده در برنامه درسی صورت گرفته باشد؛ به نحوی که فعالیت‌ها و ساختار بازی همگی با اهداف یادگیری مرتبط باشد (۴). با توجه به این که اکنون حضور تکنولوژی در زندگی افراد جامعه پررنگ می‌باشد، طبیعی است که از مزایای استفاده از فن‌آوری‌های وب و تلفن همراه برای کمک به فرایند آموزش با اهداف ارتقای دانش، کسب یا بازگرداندن مهارت استفاده گردد.

Cusack و Fowler، پژوهشی را به منظور ارایه روشی برای اندازه‌گیری میزان یادگیری در بازی‌های رایانه‌ای انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که جواب سؤالاتی مانند چه، کجا و چگونه، به وسیله شناسایی نحوه یادگیری و اندازه‌گیری مهارت به جواب می‌رسند. این داده‌ها می‌توانند درک درستی از چالش‌هایی که یک بازیکن حل می‌کند و تجربه یادگیری به وسیله بازی رایانه‌ای را فراهم نمایند. داده‌ها در رابطه با متغیرهای تعاملی توضیحاتی در مورد یادگیری و آنچه که از بازی‌های ویدئویی انتظار می‌رود، ارایه می‌دهد (۵).

Bar در مطالعه خود با هدف بررسی نگرش دانشجویان به توسعه مهارت‌های مبتنی بر بازی، بازی‌های ویدئویی تجاری را برای توسعه مهارت‌های ارتباطات، توانایی و سازگاری در دانشجویان فارغ‌التحصیل قابل استفاده دانست. این جنبه‌ها شامل نیاز به برقراری ارتباط با هم‌تایان تیمی برای موفقیت و ماهیت غیر قابل پیش‌بینی چالش‌ها در بازی بود. تحقیق وی نشان داد در حالی که بازی‌ها نقش مهمی در توسعه مهارت‌ها ایفا می‌کنند، تسهیل تعامل بین دانشجویان توسط بازی نیز عامل مهمی می‌باشد (۶).

Zhong و Washington، پژوهشی را به منظور آموزش موسیقی به شیوه یادگیری انطباقی انجام دادند و طی آن، بازی رایانه‌ای ساده Music Trainer طراحی و تولید شد. در این بازی، بازیکن باید ملودی اشتباه نوشته شده در ورقه نت را شناسایی کند. در این بازی از یادگیری سازگار استفاده گردید تا مشکل بازی را بر اساس عملکرد کاربر تنظیم نماید (۷).

فقیه در مطالعه‌ای در زمینه آموزش الکترونیکی موسیقی، ضمن بررسی نحوه محاسبه کسب نت‌های اجرا شده توسط کاربر، الگوریتمی برای مقایسه بین کسب‌ها و الگوی از پیش تعریف شده نیز ارایه داد و در انتها، جزئیات پیاده‌سازی نرم‌افزار «آموزش الکترونیکی وزن‌خوانی موسیقی» آن هم به صورت تعاملی، مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، بهترین شیوه برای اجرای کسب نت‌ها به ترتیب حنجره، صفحه کلید و موس بود. الگوریتم ارایه شده نیز که بر روی ۱۵۰۰ کسب مختلف مورد آزمایش قرار گرفت، در ۹۷/۸۷ درصد موارد، نظر یکسانی با کارشناسان موسیقی ارایه داد (۸).

در بین بازی‌های جدی که تاکنون در سطح بین‌المللی تولید شده است، بازی رایانه‌ای آموزش سلفژ وجود ندارد. در تحقیق حاضر، بازی سارای (Saray) به عنوان اولین بازی آموزش سلفژ طراحی و معرفی گردید. این بازی از حیث دریافت ورودی از سوی کاربر، نسبت به سایر بازی‌های موجود، دارای نوآوری بود؛ به این صورت که سعی در دریافت بخشی از اطلاعات به صورت صوتی از بازیکن داشت که این کار سبب تقویت مهارت سلفژ بازیکن خواهد شد.

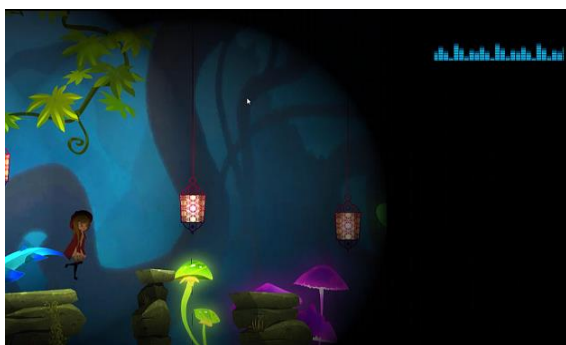
### مواد و روش‌ها

این پژوهش که با هدف طراحی و تولید بازی رایانه‌ای سارای صورت گرفت، از

**سناریوی بازی:** سارای یک بازی در ژانر ماجراجویی-آموزشی و هدف آن، آموزش سلفز در محیطی جذاب و سرگرم‌کننده می‌باشد. آموزش سلفز در این بازی در بستر روایی بازی اتفاق می‌افتد. بازیکن با سارای همراه می‌شود و در این سفر همراه او سلفز را یاد می‌گیرد. سارای دختری جنگجو است که به مبارزه با اهریمن می‌رود و در جنگ با تاریکی، نور (خورشید) را از اسارت آزاد می‌کند. تمام مراحل بازی در بستر روایتی از داستان سارای اتفاق می‌افتد. این که سارای چگونه سفر خود را آغاز می‌کند، مبارزات او در مسیر حرکتش و این که چه اتفاقاتی برای او می‌افتد، همه به تصویر کشیده می‌شود. داستان سارای، الهام گرفته شده از یک داستان فولکلور آذربایجانی (۱۳) است.

اسطوره‌ها برای بیان خود به بهترین شکل ممکن به مخاطب از هنر استفاده می‌کنند و یکی از مهم‌ترین هنرهایی که با اسطوره ارتباط مستقیم دارد، ادبیات است. ادبیات نیز یکی از هنرهای اصلی به شمار می‌رود که در زمینه بازی‌های ویدئویی در قالب بازی‌نامه نقش خود را ایفا می‌کند (۱۴). شاید تا پیش از ورود سری بازی‌های خدای جنگ (God of war) به صنعت بازی‌های ویدئویی، کسی متوجه قدرت اساطیر در دنیای بازی‌ها نشده بود. هنرهای دیگری همچون نقاشی، تئاتر، انیمیشن و سینما، بسیار زودتر به قدرت این داستان‌های جذاب رسیده بودند (۱۴). با ورود بازی خدای جنگ، قدرت اصلی اسطوره به دنیا نشان داده شد؛ به گونه‌ای که سری بازی‌های خدای جنگ به سرعت به تنها برند اصلی سونی و پلی‌استیشن تبدیل شد و یکی از بهترین بازی‌های تاریخ لقب گرفت (۱۴).

طراحی مراحل بازی سارای به این شکل بود که در مرحله اول، سارای کاراکتر اصلی بازی وارد دنیای تاریکی می‌شود. در آنجا صداهایی می‌شنود. با تکرار و تقلید آن صدا، فانوسی روشن می‌شود که نور آن فانوس بخشی از راه کاراکتر را روشن می‌کند. با گذشتن از محدوده روشنایی فانوس اول، صدایی می‌شنود. این عمل در طول این مرحله تکرار می‌گردد و نحوه بازی در این مرحله، همین خوب گوش کردن به آن صداها و تکرار آن برای روشن شدن فانوس‌ها است. بازی در این مرحله به شکل سکویی می‌باشد. پس اگر بازیکن نتواند فانوس را روشن کند و در تاریکی پیش برود، سقوط می‌کند و می‌بازد (شکل ۲).



شکل ۲. نمایی از مرحله اول

در مرحله دوم، بازیکن باید دومین توانایی مورد نظر یعنی «سرایش فواصل دوم و سوم بزرگ» را به دست آورد. از این‌رو، تمرینی با این رویکرد طراحی گردید. سارای، در حال حرکت است که یک گوی نورانی از جلو به او نزدیک می‌شود. این گوی نورانی در حین حرکت وقتی به منابع نوری که مسیر حرکت

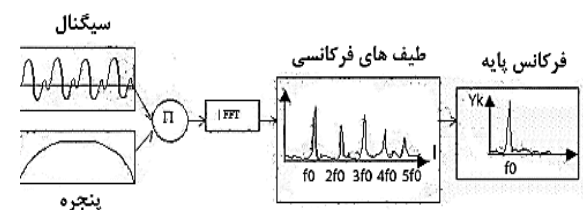
بازیکن می‌بازد. برای از بین بردن گوی، بازیکن باید طبق تمرین گنجانده شده در بازی عمل نماید.

مرحله سوم: انتقال (Teleports) می‌باشد که در آن کاراکتر باید از یک مکان بن بست خارج شود. تنها راه انتقال به سمت بالا است. برای این کار با رسیدن به نقطه مشخص و پخش صدای راهنما، بازیکن باید نت را به درستی اجرا کند. اگر موفق شود به سکوی بعد پرتاب می‌شود.

گیم‌پلی بازی به این صورت بود که پیشبرد بازی بر پایه صدای بازیکن بود. صداهایی که بازیکن می‌شنید، نت‌هایی با فرکانس مشخص بود و بازیکن باید آن نت را در همان فرکانس (البته با در نظر گرفتن و اعمال یک تِلرانس) بخواند. در این چالش بازی، تمرینات سلفز پیاده‌سازی شد. بازیکن در حین بازی در حقیقت در حال تمرین سلفز بود.

روند بازی به گونه‌ای طراحی شد که تمرین و تکرار مداوم، سبب تقویت مهارت شنوایی بازیکن در تشخیص نت و بیان صحیح آن شود. به طور قطع یک فرد مبتدی توانایی خواندن نت دقیقاً در همان فرکانس صحیح را ندارد. به همین دلیل، توسعه دهندگان بازی، یک محدوده و تِلرانس فرکانسی در نظر گرفتند که اگر فرکانس دریافتی از صدای بازیکن در آن محدوده باشد، امتیاز لازم برای عبور از آن چالش را به دست می‌آورد. تعیین این تِلرانس طبق نظر استاد موسیقی و بر اساس تئوری است که از قبل وجود دارد. میزان این تِلرانس مجاز برای محدوده فرکانسی (+۱۵، -۱۵) Cent بود (فاصله بین هر نیم‌پرده در موسیقی به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می‌شود و واحد هر یک Cent می‌باشد). کاربران مبتدی باید در حین اجرای نت، حداقل میزان پایداری در محدوده فرکانسی ۰/۵ ثانیه را (۹) رعایت کنند. این میزان در مورد کاربرانی که مهارت بیشتری کسب کرده‌اند، به ۲ ثانیه (۹) افزایش پیدا کرد.

روند کلی آنالیز صوت کاربر به این شکل بود که سیگنال صوتی به وسیله میکروفون از کاربر دریافت شد و با استفاده از تبدیل Fourier سریع (Fast Fourier transform یا FFT)، به دامنه فرکانسی برده شد. سپس طیف فرکانسی (Spectrum) استخراج گردید. هر نت دارای چندین طیف فرکانسی است (۱۲). از بین این طیف‌ها، فرکانس پایه (Fundamental frequency) استخراج شد. بقیه طیف‌های فرکانسی، ضربی از فرکانس پایه می‌باشند (۱۲). در نهایت، فرکانس پایه، Pitch مورد نظر خواهد بود. Pitch، اصلی‌ترین عنصر در طراحی بازی بود؛ چرا که تمام مقایسه و تجزیه و تحلیل‌ها بر پایه Pitch خواهد بود (شکل ۱).



شکل ۱. الگوریتم یافتن طیف فرکانسی با حداکثر خطای ۰/۰۰۹۲ درصد (۱۲)

بازی باشد. باید هر اینچ بازی را یکدست‌سازی کرد و راهی برای گره زدن رابط کاربری با کل بازی پیدا کرد.

رابط کاربری در نرم‌افزار یادگیری الکترونیکی، نقطه تعامل بین کاربر و نرم‌افزار کامپیوتر است و موفقیت و شکست برنامه نرم‌افزاری بستگی به طراحی آن دارد (۱۵). باید توجه داشت که طراحی رابط کاربری، می‌تواند بر تجربه کاربری (User experience) تأثیر بگذارد. تجربه کاربری در بازی‌های ویدئویی، چگونگی ادراک و فهم بازیکنان از یک بازی، تعامل آن‌ها با بازی و احساسات و درگیری برانگیخته به واسطه این تعامل می‌باشد و شامل کاربردپذیری و توانایی درگیرکنندگی می‌شود (۱۷). رابط کاربری باید نه تنها به عنوان یک پدیده هنری دیده شود، بلکه ابزار هنری مانند گرافیک، موسیقی، انیمیشن و... باید با مسایل روان‌شناختی آموزشی سازگار باشد (۱۵).

رابط کاربری بازی برای سارای، به شکل یک Audio visualizer در بالای صفحه اصلی بازی می‌باشد. زمانی که کاربر نت را اجرا می‌کند، فرکانسی صدای کاربر را به شکل بصری و رنگی نشان می‌دهد و کاربر هم می‌تواند با توجه به آن، نت‌ها را اجرا کند. محیط بازی و طراحی کاراکتر به شکل فانتزی می‌باشد. مهم‌ترین عنصری که در صحنه بازی بیشتر از همه توجه را به خود جلب می‌کند، وجود نور و سایه است. این مطلب هم با سناریوی بازی و هم با داستان فولکلور که پایه داستانی بازی را تشکیل می‌دهد، همخوانی دارد. به وسیله دکمه Esc، منویی با دو گزینه نشان داده می‌شود که می‌تواند از کل بازی خارج شد یا به منو برگشت.

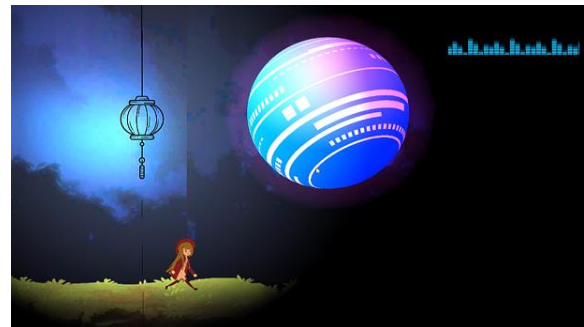
**نحوه تعامل بازی:** نحوه تعامل بازیکن با بازی به دو شکل است:

**الف. صفحه کلید:** با استفاده از Arrow keys، بازیکن می‌تواند روبه جلو و رو به عقب برود. همچنین، به وسیله کلید Space بازیکن توانایی پریدن دارد. در انتخاب کلیدهای کنترلی صفحه کلید، سعی شد از کلیدهایی استفاده شود که کمترین درگیری ذهنی را برای کاربر ایجاد کند و زمان واکنش کاربر در استفاده از صفحه کلید را به کمترین زمان ممکن برساند.

**ب. دریافت صدای بازیکن:** ابتدا بازیکن صدای راهنما را می‌شنود. هنگامی که بازیکن آن نت را اجرا می‌کند، صدایش به وسیله میکروفن دریافت و طبق روش‌های مذکور تجزیه و تحلیل می‌شود و با الگوهای تعریف شده مقایسه می‌گردد. بنابراین، صدای کاربر پس از آنالیز، به عنوان پیش‌برنده بازی مورد استفاده خواهد بود. در حقیقت، بازی در تعامل با صدای کاربر است که تکمیل می‌شود. بازخورد سیستم با بازیکن هم در هر مرحله متفاوت خواهد بود؛ بدین صورت که در مرحله اول، بازخورد صدای کاربر با روشن شدن فانوس و روشنایی محیط به کاربر انتقال می‌یابد. در مرحله دوم با نابودی گوی نورانی، ادامه مسیر دیده می‌شود و در نهایت، در مرحله سوم با حرکت رو به بالا و پرتاب شدن به سکوه‌های بالا و رسیدن به نور و آسمان به تصویر کشیده می‌شود.

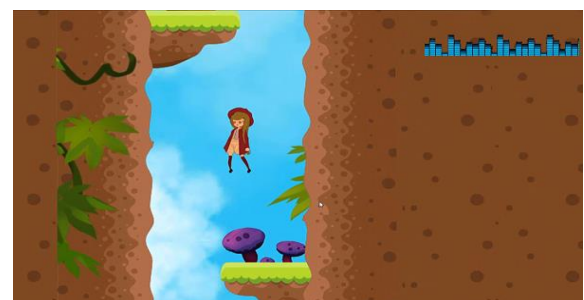
با شناسایی عوامل سخت‌افزاری و نرم‌افزاری گیرنده صوتی در سیستمی که این بازی طراحی و تولید شد، مشکل دریافت صدای کاربر برطرف گردید. برای نسخه‌هایی که به دست کاربر خواهد رسید، نحوه دسترسی بازی به سیستم صوتی دستگاه کاربر در بخش تنظیمات بازی توضیح داده خواهد شد.

را روشن می‌کنند، برخورد کند، آن‌ها را خاموش می‌کند و بر شدت نور خودش افزوده می‌شود. اگر این گوی نورانی به کاراکتر برسد، بازیکن می‌بازد. کاراکتر در حال دویدن صداهایی می‌شنود که مانند مرحله قبل باید آن‌ها را به درستی بخواند. اگر سه تا از آن‌ها را به درستی تکرار کند، گوی نورانی از بین می‌رود و یک گوی دیگر ظاهر می‌شود و این روند ادامه دارد. چالش‌های این مرحله از بازی، همان تمرینات سرایش فواصل دوم و سوم بزرگ می‌باشد که در آموزش سلفز به صورت استاندارد آموزش داده می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳. نمایشی از مرحله دوم

مرحله سوم، آموزش تمرینات «سرایش فواصل چهارم و پنجم درست» است. در این مرحله کاراکتر به یک بن‌بست می‌رسد و تنها راه خروج از آن‌جا، یک مسیر به سمت بالا است. در اینجا هم کاراکتر صدای رفرنس را می‌شنود و آن را تکرار می‌کند. با خواندن صحیح نت کاراکتر اوج می‌گیرد و با تکرار هر نت به یک سکوی می‌رسد. دوباره نت بعدی پخش می‌شود و باز با تکرار آن اوج می‌گیرد. در نهایت، با اتمام تمرین، کاراکتر از آن مکان آزاد می‌شود و به آسمان و نور می‌رسد (شکل ۴).



شکل ۴. نمایشی از مرحله سوم

**رابط کاربری:** در یادگیری الکترونیکی، رابط کاربری (User interface) نقشی کلیدی در دستیابی به اهداف آموزشی دارد (۱۵). از جمله نکات مهم ساخت یک رابط کاربری مناسب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد (۱۶):  
رویکرد بالا به پایین: در این مورد می‌توان رابط کاربری یک بازی موفق را برداشت و با توجه به ویژگی‌های بازی، آن را منحصر به فرد کرد.  
افزودن تم به رابط کاربری: کل بازی باید دارای یکپارچگی منحصر به خود

## بحث

پژوهش حاضر با هدف طراحی و توسعه یک نرم‌افزار برای آموزش سلفژ بر مبنای بازی اجرا شد و منجر به تولید ساری گردید. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، این مطالعه کاملاً نوآورانه بود و گزارشی از نرم‌افزار دیگری که در ایران یا در جهان با هدف بازی وار سازی آموزش سلفژ طراحی شده باشد، به دست نیامد. با توجه به نوآوری تحقیق و خروجی آن به صورت یک بازی رایانه‌ای و عدم وجود مورد مشابه در آموزش سلفژ با استفاده از بازی رایانه‌ای، امکان مقایسه نتایج وجود نداشت.

آموزش موسیقی در کشور همواره دچار نواقص و کمبودهایی بوده است و بدنه اصلی این آموزش به شیوه سنتی می‌باشد. این مسأله سبب می‌شود امکان آموزش موسیقی به صورت یکسان در دسترس همگان قرار نگیرد و به همین دلیل برخی استعدادها بالقوه موسیقی در افراد هرگز بالفعل نشوند. در نهایت، این مشکل سبب عدم پیشرفت بنیان‌های موسیقی کشور می‌شود. عدم تربیت نیروهای جوان و مستعد که خود شکوفا شوند و بتوانند در عرصه‌های جهانی مطرح شوند و آموزش دهنده نسل بعدی باشند، به تدریج سبب از بین رفتن صنعت موسیقی در کشور خواهد شد. از سوی دیگر، آموزش سلفژ در افرادی که دچار اختلالات گفتار و شنوایی می‌باشند، ارزش درمانی دارد.

مرور پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه یادگیری بازی محور طی چند سال اخیر، حاکی از تأثیر مثبت بازی‌های رایانه‌ای بر عملکرد یادگیرنده در سطوح مختلف نگرشی، شناختی و فراشناختی می‌باشد (۱۸). یکی از رویکردهای رایج در تلفیق بازی در فرایند آموزش و یادگیری، مشارکت کارشناسان آموزش با طراحان بازی در فرایند طراحی و تولید بازی‌های آموزشی برای تحقق اهداف مشخص یادگیری است. اولین بازی‌های آموزشی (به طور اختصاصی برای اهداف یادگیری مشخص) در آمریکا و در دهه ۷۰ میلادی تولید شد که از آن جمله می‌توان به Oregon Trail برای آموزش تاریخ به دانش‌آموزان پایه هشتم اشاره کرد (۱۹).

در زمینه آموزش موسیقی، بازی Music trainer وجود دارد. در این بازی، کاربر قبل از این که بازی را شروع کند، باید یک امتحان موسیقی بدهد. از طریق مشاهده نمرات کاربران در این امتحان و همچنین، ضبط عوامل دیگر مانند مدت زمان انجام بازی و مدت زمان رسیدن بازیکن به سطح دشوار، نتیجه حاصل می‌شود که تئوری موسیقی با استفاده از یادگیری انطباقی یک روش سریع و مؤثر برای یادگیری مفاهیم موسیقی بود. ارزیابی میزان اثربخشی هرگونه روش آموزشی مبتنی بر رایانه شامل ارزش معرفت‌شناختی، گنجاندن هدف، انعطاف‌پذیری، مبانی انگیزه یادگیری می‌باشد (۷). بازی Music trainer با تمام این معیارها متناسب بود و به همین دلیل نمونه خوبی از یک بازی مناسب برای تنظیمات آموزشی به شمار می‌رود. نتایج نشان داد که چنین بازی‌های آموزشی می‌توانند به عنوان یک ابزار آموزشی مؤثر جهت تدریس تئوری موسیقی استفاده شوند. راه‌های زیادی برای توسعه این بازی در آینده وجود دارد. در حال حاضر، این بازی فقط برای آموزش مفاهیم موسیقی بسیار ساده شامل یادگیری نت‌ها، شناسایی فواصل و زیر و بمی صدا کاربرد دارد. با این حال، می‌توان بازی را تا یادگیری آکوردها و ملودی گسترش داد (۷). تکنیک‌های تولیدی، محدود به آموزش موسیقی نیستند. آموزش با استفاده از بازی به روش یادگیری انطباقی، به راحتی می‌تواند در طیف گسترده‌ای از زمینه‌ها از جمله ریاضیات، تاریخ، دستور زبان، هنر، دانش کامپیوتر و حتی توان‌بخشی کاربرد داشته باشد. پیش‌بینی می‌شود تکنیک‌های آموزش به وسیله بازی، نقش مهمی را در آینده آموزش و پرورش (۲۰) و مداخلات توان‌بخشی (۲۱) ایجاد خواهند کرد.

آموختن در کنار سرگرمی می‌تواند موقعیت بسیار مناسبی باشد و با توجه به عدم دسترسی به استادان خبره در زمینه موسیقی در شهرهای مختلف، می‌توان با طراحی یک بازی آموزشی استاندارد تحت نظر استادان خبره، آموزش موسیقی را تسهیل کرد و یادگیری و دانش را بدون در نظر گرفتن مرزهای جغرافیایی در اختیار همگان قرار داد. از سوی دیگر، همین ابزار می‌تواند در آموزش تولید صداها و واژه‌ها در افراد مبتلا به اختلالات ارتباطی (Communicative disorders) مفید باشد و امکان دسترسی آن‌ها به توان‌بخشی را با هزینه کمتر فراهم آورد و از سوی دیگر، این فرایند زمان‌گیر را جذاب نماید.

چند نمونه نرم‌افزار کاربردی در حوزه موسیقی مانند شبیه‌ساز سازهای مختلف (Piano Music Tiles و Acoustic Guitar Simulator) یا نرم‌افزارهای نشان دادن فرکانس صدای ورودی جهت کوک‌ساز (Tuner & Menronome) و (Noteworthy Tuner) و نشان دادن فرکانس صدای خوانندگان (G Strings و String Tuner) (۱) وجود دارد. با وجود بازی‌های آموزشی سازهای مختلف و در دسترس همه، عدم وجود بازی رایانه‌ای به منظور آموزش سلفژ که پایه‌ای برای نوازندگی، آهنگسازی و خوانندگی می‌باشد، احساس می‌شود.

بر این اساس، می‌توان ادعا کرد که ساری اولین نرم‌افزار بازی محور آموزش سلفژ می‌باشد که در عین سادگی، مقدمات پایه آموزش این مهارت را در یک محیط تعاملی فراهم می‌کند. هرچند نسخه تهیه شده این نرم‌افزار، اولین نسخه است و می‌تواند با اهداف مختلف آموزشی، درمانی و توان‌بخشی گسترش یابد، اما طراحی ساده و جذاب آن، امکان ورود آن به دنیای سرگرمی برای کودکان و بزرگسالان را به راحتی تسهیل می‌نماید. طراحی و تولید این بازی رایانه‌ای برای آموزش سلفژ دستاوردهایی هم در زمینه آموزش موسیقی و هم در زمینه تولید بازی‌های رایانه‌ای مبتنی بر صدای بازیکن و هم در زمینه توان‌بخشی افراد مبتلا به اختلالات گفتار و شنوایی خواهد داشت. این بازی رایانه‌ای می‌تواند نه تنها برای کسانی که قصد آموزش سلفژ دارند مفید باشد، بلکه برای بیشتر گروه‌های سنی جذابیت داشته باشد؛ چرا که شیوه نوینی در گرفتن ورودی از سمت بازیکن دارد. همچنین، فرایند زمان‌گیر و پیچیده درمان را برای فردی که به دلیل مشکلات مادرزادی یا اکتسابی در گفتار یا شنوایی دچار مشکل است، جذاب و قابل درک می‌سازد.

## محدودیت‌ها

از جمله محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به مواردی مانند شناسایی میکروفن سیستمی که بازی روی آن اجرا می‌شود، توسط برنامه جهت ایجاد سیستم یکپارچه نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، میزان بالای تأثیر صداها محیطی در حین دریافت فرکانس صدای کاربر و تأثیر منفی در نتایج مقایسه، عدم توانایی برخی بازیکنان در بیان ممتد نت پخش شده که باعث عدم آغاز فرایند اندازه‌گیری فرکانس صدای کاربر می‌شود، طراحی محیطی باید به گونه‌ای انجام شود که مانع حرکت روان بازیکن و از بین بردن تمرکز حین بازی نشود و طراحی محدوده مناسب ضبط صدای بازیکن در محیط بازی به گونه‌ای که باعث برگشتن کاراکتر به موقعیت مکانی که قابلیت ضبط صدا دارد، نباشد، اشاره نمود.

درمانی (بهمن ماه ۱۳۹۸، اصفهان)، از سوی هیأت تحریریه مجله پژوهش در علوم توان‌بخشی مورد تقدیر قرار گرفت. بدین وسیله نویسندگان از پژوهشگاه فضای مجازی مرکز ملی فضای مجازی به جهت حمایت از انتشار این مقاله قدردانی به عمل می‌آورند. همچنین، از مرکز نوآوری صنایع سرگرمی دانشگاه اصفهان که در جمع‌آوری داده‌ها و به ثمر رسیدن این پروژه نقش مهمی داشتند، سپاسگزاری می‌گردد.

### نقش نویسندگان

نازنین علی‌فرشباف اکبری، طراحی، ایده‌پردازی و پیاده‌سازی مطالعه، تنظیم دست‌نوشته، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤلیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، یونس سخاوت، مشاور طراحی بازی، تنظیم دست‌نوشته، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤلیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، محمدرضا آزاده‌فر، مشاور تئوری و میانی موسیقی، تنظیم دست‌نوشته، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤلیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، صمد روحی، مشاور پیاده‌سازی بخش عملی، تنظیم دست‌نوشته، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤلیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران را به عهده داشتند.

### منابع مالی

پژوهش با هزینه شخصی تیم تحقیق تأمین شده است. بررسی و انتشار تحقیق حاضر در مجله پژوهش در علوم توان‌بخشی، با حمایت مالی پژوهشگاه فضای مجازی مرکز ملی فضای مجازی، حامی پنجمین همایش بین‌المللی بازی‌های کامپیوتری با رویکرد بازی‌های درمانی صورت گرفت. این پژوهشگاه در طراحی، تدوین و گزارش این مطالعه نقشی نداشت.

### تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند. نازنین علی‌فرشباف اکبری از سال ۱۳۹۷ دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد دانشکده چند رسانه‌ای دانشگاه هنر اسلامی تبریز می‌باشد و مطالعات و پیاده‌سازی این پروژه را به عنوان پایان‌نامه خود شروع انجام داد. دکتر یونس سخاوت استادیار دانشکده چند رسانه‌ای دانشگاه هنر اسلامی تبریز و دکتر محمدرضا آزاده‌فر استاد تمام دانشکده موسیقی دانشگاه هنر تهران، به عنوان استادان راهنمای این پروژه و مهندس صمد روحی، مربی دانشکده چند رسانه‌ای دانشگاه هنر اسلامی تبریز نیز به عنوان مشاور پیاده‌سازی، در اجرای پروژه همکاری داشتند.

به دلیل اهمیت بالای دریافت فرکانس صدای کاربر و لزوم بازخورد مناسب درون بازی، حساسیت نرم‌افزار در دریافت صدای کاربر کاهش پیدا نکرد و اکنون مشکل صداها محیطی وجود دارد.

با توجه به این که مخاطبان این بازی مبتدی می‌باشند، طبیعی است که در مراحل اولیه، در کشش نت بی‌نقص نباشند. برای حل چنین مشکلی، همان‌گونه که ذکر شد، میزان پایداری در بیان هر نت برای کاربران در مراحل اولیه، ۰/۵ ثانیه در نظر گرفته شد و با پیشرفت در بازی، این میزان به ۲ ثانیه خواهد رسید.

### پیشنهادها

آموزش سلفژ دارای سطح‌بندی‌های استاندارد است که باید پله به پله طی شود. در بازی رایانه‌ای سارای، بخشی از سطح مبتدی پیاده‌سازی شد. در مورد نحوه طراحی محیطی و محدوده ضبط صدا، با توجه به این که نسخه اولیه شده، نسخه اولیه برای دریافت بازخورد و شناسایی ایرادات بازی بود، در نسخه نهایی تمام پیشنهادها کاربران و موارد مذکور در نظر گرفته شد و برطرف خواهد شد. به طور قطع، بحث گسترده آموزش سلفژ نیاز به تمرینات بیشتر برای کسب مهارت‌های مورد نیاز دارد. برنامه آینده طراحان این بازی، طراحی و توسعه سطح‌بندی‌های بعدی تا حد آموزش پیشرفته می‌باشد. با توجه به کاربردپذیری بالای بازی سارای، می‌توان اهداف دیگری همچون آموزش سازهای مختلف مانند پیانو یا توان‌بخشی در اختلالات ارتباطی را برای آن در نظر گرفت.

### نتیجه‌گیری

هدف از انجام تحقیق حاضر، آموزش سلفژ بود. برای رسیدن به این هدف، ابتدا منابع مرتبط جهت آموزش سلفژ مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به عوامل تشکیل دهنده موسیقی، هر نت دارای فرکانس منحصر به فردی است که این نکته پایه طراحی بازی سارای قرار گرفت. سیگنال‌های صوتی صدای بازیکن به وسیله میکروفن دریافت و تجزیه و تحلیل می‌شود، فرکانس پایه استخراج و با الگوهای طراحی شده مقایسه می‌گردد و بازخورد متناسب و صحیح داده می‌شود. مراحل طراحی شده در بازی، بر پایه تمرینات استاندارد آموزش سلفژ می‌باشد. این تمرینات بر بستر داستانی پیاده‌سازی شده است تا بتواند بازیکن را با خود همراه نماید و زمان بیشتری را صرف بازی و در حقیقت، تمرینات سلفژ کند. لازم به ذکر است که ارزیابی جامع در حال انجام است و نتایج آن در مقالات آینده ارائه خواهد شد.

### تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد در رشته هنرهای رایانه‌ای گرایش تولید بازی‌های رایانه‌ای در دانشگاه هنر اسلامی می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از تمام کسانی که در جهت پیشبرد این مطالعه همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

مقاله حاضر از میان مقالات ارسال شده به دبیرخانه پنجمین کنفرانس بین‌المللی «بازی‌های رایانه‌ای؛ فرصت‌ها و چالش‌ها» با نگاه ویژه به بازی‌های

## References

1. Ali Farshbaf Akbari N. Design and Production Solfege Learning Computer Game [MSc Thesis]. Tabriz, Iran: Tabriz Islamic Art University; 2020. [In Persian].
2. Roshanian Ramin M, Izadi Jazi B. Mechanics and educational purposes in serious computer games. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> National and 1<sup>st</sup> International Digital Games Research Conference: Trends, Technologies, and Applications (DGRC); 2018 Nov 28-29; Tehran, Iran. [In Persian].
3. Esfijani A. Evaluating game-centered learning: approaches and methods. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> National Computer Games Conference: Challenges and Opportunities; 2017 Feb 16-18; Isfahan, Iran. [In Persian].
4. Whitton N. Learning with Digital Games: A Practical Guide to Engaging Students in Higher Education. New York, NY: Taylor and Francis; 2009.
5. Fowler A, Cusack B. A proposed method for measuring learning in video games. GSTF Journal on Computing (JoC) 2014; 3(4): 42-7.
6. Barr M. Student attitudes to games-based skills development: Learning from video games in higher education. Comput Hum Behav 2018; 80: 283-94.
7. Washington P, Zhong L. Computational Methods for Music Pedagogy. Houston, TX: Rice University; 2018.
8. Faghieh B. E-Learning Music [MSc Thesis] Shiraz, Iran: Shiraz University; 2011. [In Persian].
9. Azadefar MR. Basic music information. 5<sup>th</sup> ed. Tehran, Iran: Ney Publications; 2017. p. 11-34. [In Persian].
10. Mortara M, Catalano CE, Bellotti F, Fiucci G, Houry-Panchetti M, Petridis P. Learning cultural heritage by serious games. Journal of Cultural Heritage 2014; 15(3): 318-25.
11. Sicart M. Defining Game Mechanics. Game Studies the International Journal of Computer Game Research 2008; 8(2).
12. Li Z, Hu T, Abu-Siada A. A minimum side-lobe optimization window function and its application in harmonic detection of an electricity grid. Energies 2019; 12: 2619.
13. Seyed Salamt MA. A treatise on Mithraism. 1<sup>st</sup> ed. Tabriz, Iran: Ark Publications; 2012. [In Persian].
14. Sarbakhsh R, Mirzapour H, Sarbakhsh R. The impact of mythical literature on digital games. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> National and 1<sup>st</sup> International Digital Games Research Conference: Trends, Technologies, and Applications (DGRC); 2018 Nov 28-29; Tehran, Iran. [In Persian].
15. Faghieh B, Azadefar mR, Katebi S. User Interface Design for E-Learning Software. International Journal of Soft Computing and Software Engineering 2013; 3(3): 786-94.
16. Schell J. The art of game design: A book of lenses. New York, NY: Taylor and Francis; 2010. p. 222-33.
17. Hodent C. The Gamer's Brain: How neuroscience and UX can impact video game design. Boca Raton, FL: CRC Press; 2017.
18. Boyle E, Hainey T, Connolly T, Gray G, Earp J, Ott M, et al. An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. Comput Educ 2015; 94: 178-92.
19. del Blanco A, Torrente J, Marchiori E, Martinez-Ortiz I, Moreno Ger P, Fernandez-Manjon B. A framework for simplifying educator tasks related to the integration of games in the learning flow. Educational Technology and Society 2012; 15(4): 305-18.
20. Incikabi L, Kepceoglu I, Pektas M. Gamification of middle school mathematics and science: game-playing for learning. In: Keengwe J, editor. Handbook of research on integrating computer science and computational thinking in K-12 education. Hershey, PA: IGI Global; 2020. p. 301-6.
21. Martins T, Carvalho V, Soares F. Physioland-A serious game for physical rehabilitation of patients with neurological diseases. Entertain Comput 2020; 34: 100356.



## Saray: Solfege Learning Computer Game Based on Voice Analysis

Nazanin Ali Farshbaf Akbari<sup>1</sup>, Yoones A. Sekhavat<sup>2</sup>, Mohammad Reza Azadehfar<sup>3</sup>, Samad Roohi<sup>4</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Introduction:** The methods and tools used for learning are rapidly changing. One of the most interesting fields in educational tools are computer games. “Saray” is a solfege training video game, through which the players take solfege rehearsals in form of challenges while tracing a folklore story. The game receives the player's voice through the microphone.

**Materials and Methods:** Based on the algorithm and the written code, the player's voice was analyzed, and its fundamental frequency was extracted. The obtained frequency was entered into comparative calculations with pre-written patterns. If the user's voice frequency was within the defined range, the user would be successful and would earn the score.

**Results:** Solfege exercises took the form of intra-game challenges from basic to advance levels. Behind the scenes, all input sounds were processed. The frequency of the input sounds was analyzed to implement this process. The result of the analysis was compared to pre-designed didactic patterns that were confirmed by the music master. The result of this comparison revealed the correct or incorrect user feedback in the game.

**Conclusion:** Exercising in the form of games motivates players to spend more time for training, and has high impact because of the attractiveness of video games.

**Keywords:** Serious games; Training; Sight reading; Gamification; E-learning

**Citation:** Ali Farshbaf Akbari N, Sekhavat YA, Azadehfar MR, Roohi S. Saray: Solfege Learning Computer Game Based on Voice Analysis. J Res Rehabil Sci 2019; 15(4): 211-8.

Received: 15.07.2019

Accepted: 06.09.2019

Published: 07.10.2019

1- MSc Student in Computer Arts- Computer Games Production, Cognitive Augmented Reality Lab (CARLab), School of Multimedia, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

2- Assistant Professor in Computer Science, Cognitive Augmented Reality Lab (CARLab), School of Multimedia, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

3- Professor, School of Music, Tehran University of Art, Tehran, Iran

4- Instructor in Information Technology (IT), School of Multimedia, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

**Corresponding Author:** Nazanin Ali Farshbaf Akbari; MSc Student in Computer Arts- Computer Games Production, Cognitive Augmented Reality Lab (CARLab), School of Multimedia, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran; Email: nazanin.farshbaf@tabriziau.ac.ir