ششمین کنفرانس بین‌المللی
«بازی‌های رایانه‌ای؛ فرصت‌ها و چالش‌ها»
۳۰ بهمن و ۱ اسفند ۱۳۹۹ - دانشگاه اصفهان

ارائه رویکردی برای ارزیابی علایم استرس با استفاده از داده های حسگری و داده های بازیهای رایانه ای

نویسندگان: پگاه قیصی‌پور*[۱]، مجتبی وحیدی‌اصل[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد نرم‌افزار دانشگاه شهیدبهشتی (pegah_gheisipour@yahoo.com)

۲- استادیار دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر دانشگاه شهیدبهشتی (mo_vahidi@sbu.ac.ir)

چکیده

دستیابی به ابزارهایی برای شناخت ویژگی‌های شخصیتی مهم است. مزاج محور هیجانی شخصیت است که چگونگی رفتار را مشخص می‌کند. اجتناب از آسیب یک صفت مزاجی است که با هیجان ترس و اضطراب مرتبط است. از آنجا که صفت اجتناب از آسیب و اضطراب، سایکوبیولوژی مشترک و قابل اندازه‌گیری دارند، وجود استرس و اضطراب می‌تواند پیش‌بینی کننده‌ی این صفت باشد؛ لذا هدف این پژوهش ارزیابی استرس از طریق داده‌های بازی است تا بتوان با کمک روش‌های داده‌کاوی، الگوها و دانش‌های قابل فهمی استخراج کرد.

۲۰ آزمودنی ۲۰ تا ۴۰ سال (۱۲ مرد، ۸ زن) در آزمایش شرکت کردند. سیگنال‌های پاسخ گالوانیک پوست، تنفس و دمای پوست هنگام بازی به مدت ۱۵ دقیقه و همچنین ۳ دقیقه پایه و ۲ دقیقه بازیابی ثبت شد. زمان‌هایی از بازی که می‌توانست محرک استرس باشد، ذخیره می‌شد. داده‌های ثبت سیگنال‌ها، بازی و نتایج پرسشنامه مجموعه داده‌ها بود. ۲۸۶ ویژگی از داده‌های حسگری، بازی و پرسشنامه استخراج شد. ویژگی‌های برتر با بکارگیری روش انتخاب ویژگی اطلاعات متقابل انتخاب شدند. مدل پیشنهادی که با طبقه‌بند Extra trees ایجاد شده بود، توانایی دریافت مقادیر ویژگی‌های انتخاب شده و پیش‌بینی استرس فرد با دقت ۷۳٪ را داشت. همچنین داده‌های بازی و داده‌های حسگری دیتاست در دو دیتاست مجزا جداسازی شدند و نتایج نشان داد که می‌توان برای دیتاست شامل داده‌های بازی مدلی با دقت ۶۸٪ و انحراف معیار ۰/۱۲ ایجاد کرد.

نتایج نشان‌دهنده‌ی توانایی بالای متغیرهای بازی بر روی خروجی بود. پس می‌توان این نوید را داد که بازی‌ها توانایی بالقوه‌ای در ارزیابی و تشخیص استرس دارند. بدین‌ترتیب می‌توان روشی جذاب‌تر واقتصادی‌تر از حسگری‌ها با دقت بالا توسعه داد. تا جایی که محقق مطالعه داشته است، پژوهشی یافت نشد که هر سه آیتم داده‌های بازی بازیکن، آزمون روانشناسی و داده‌های حاصل از سیگنال‌های پاسخ گالوانیک پوست، تنفس و دما را در نظر گرفته باشد.

واژگان کلیدی

بازی جدی، استرس، سیگنال‌های فیزیولوژیکی، داده‌کاوی، پاسخ گالوانیک پوست، تنفس، دما

۱-مقدمه

دانستن ویژگی‌های شخصیتی افراد برای انتخاب آنها در موقعیت‌های شغلی حساس بسیار مهم است. بنابراین یافتن روش‌ها و ابزارهایی برای سنجش ویژگی‌های شخصیتی افراد ضروری است. از لحاظ ساختاری سرشت یا مزاج[۱] از اجزای مهم و محور هیجانی شخصیت است که چگونگی رفتار را مشخص می‌کند. تفاوت‌های فردی مزاج و هیجانات اساسی باعث تعدیل پردازش اطلاعات حسی و شکل‌گیری خصوصیات یادگیری اولیه می‌شوند. اجتناب از آسیب[۲] نوعی صفت مزاجی است که با هیجان ترس مرتبط است و در پاسخ به محرک‌ها و فشارهای محیطی، از جنبه‌ی مثبت باعث طرحریزی محتاطانه و با دقت شده و از جنبه‌ی منفی استرس و اضطراب فرد را افزایش می‌دهد. از آنجا که صفت اجتناب از آسیب و اضطراب سایکوبیولوژی مشترک و قابل اندازه گیری دارند؛ لذا در این پژوهش روی ارزیابی اضطراب و استرس به‌منظور یک عامل پیش‌بینی کننده‌ی این صفت تمرکز شده است [۱].

در آزمون‌های روانشناسی ممکن است افراد نتوانند برداشت درستی از خود ارائه دهند. مثلاً ممکن است احساس کنند فرد صبوری هستند اما هنگامی که در موقعیت واقعی قرار می‌گیرند، واکنشی متفاوت از خود نشان دهند. از طرفی به دلیل خسته کننده بودن انجام تست احتمال خطا در آن افزیش پیدا می‌کند.

بازی بستری مناسب را برای استخراج واکنش‌های افراد فراهم می‌کند [۲]. امروزه از بازی به‌عنوان ابزاری برای تحلیل ویژگی‌های شخصیتی افراد استفاده‌ی گسترده‌ای می‌شود. بازی برای قرار گرفتن در موقعیت‌های مختلف استرس‌زا، روش‌های مختلفی برای ارزیابی تعامل انسان و کامپیوتر ارائه می‌کند ([۳] و [۴] و [۵] و [۶]). وقتی از طریق بازی فرد در موقعیت خاصی قرار می‌گیرد، تحلیل اطلاعات حاصل از بازی می‌تواند به شناخت خصوصیات شخصیتی وی کمک کند. به‌عبارتی بازیکنان در جریان یک بازی در نقاط بسیاری در تعامل با آن بازی هستند. این تعاملات می‌تواند ثبت شود و تولید مجموعه‌ای از داده‌ها کند.

بررسی عملکرد فرد در بازی برای تحلیل و ارزیابی میزان استرس وی کافی نیست و نیاز است که شدت احساسات افراد نیز اندازه‌گیری شود. به همین منظور از دستگاه‌های ثبت حسگری استفاده می‌شود تا به اطلاعات بیشتری در مورد ویژگی‌های فرد دست یافت. بااین‌حال هنوز از این رویکرد، دربکارگیری افراد در مشاغل استفاده نشده است [۷] و [۸].

پس از جمع‌آوری این داده‌ها که زیاد و ناهمگون می‌باشند؛ می‌توان الگوها و دانش قابل فهمی استخراج و از آن‌ها استفاده کرد. استخراج این دانش از طریق داده‌کاوی و بکارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین میسر است [۹].

در این پژوهش بر روی ارزیابی استرس با کمک یک بازی رایانه‌ای متمرکز می‌شویم. ارزیابی استرس از طریق داده‌های حسگری پاسخ گالوانیک پوست، ضربان قلب و تنفس همزمان با اجرای بازی انجام می‌شود. حسگری‌های ذکر شده روش‌های مناسبی برای سنجش استرس می‌باشند. پاسخ گالوانیک پوست (GSR[۳]) توانایی بدن انسان در ایجاد تغییرات مداوم در خصوصیات الکتریکی پوست است. . از بین روش‌های اندازه‌گیری پاسخ‌های احساسی که با برانگیختگی مانند استرس، سرخوردگی و اضطراب همراه هستند، در حال حاضر هدایت پوست از جمله‌ی برترین روش‌ها می‌باشد. همچنین یک پرسشنامه‌ی معتبر برای ارزیابی درستی کار مورد استفاده قرار می‌گیرد. مجموعه‌ی داده‌ای حاصل با کمک الگوریتم طبقه‌بندی Extra tress مدلسازی شد. الگوریتم درختان شدیداً تصادفی شده (یا درختان اضافی) (ET[۴]) یک روش یادگیری ماشین است که به عنوان الگوریتم جنگل تصادفی توسعه داده شده شناخته می‌شود و

[۱] Temperament
[۲] Harm avoidance
[3] Galvanic Skin Responsse
[۴] Extra trees

احتمال بیش‌برازش[۵] شدن دیتاست در آن کمتر است. [۱۰]. تا جایی که محقق مطالعه داشته است، پژوهشی یافت نشد که هر سه آیتم داده‌های بازی بازیکن، آزمون روانشناسی و داده‌های حاصل از سیگنال‌های پاسخ گالوانیک پوست، تنفس و دما را در نظر گرفته باشد. همچنین هدف تحقیق، تحلیل داده‌های افراد برای تعیین میزان استرس در راستای انتصاب یک شغل خاص است. این امر بر نوآوری این تحقیق افزوده است.

در بخش دوم تعدادی مطالعه مرتبط با این پژوهش معرفی شده است. در بخش سوم، رویکرد پیشنهادی، روش اجرای آزمایش و بازی بکار رفته آمده است. در بخش چهارم داده‌های بدست آمده در مرحله‌ی قبل تحلیل و ارزیابی می‌شود. بخش پنجم نتایج ارزیابی‌های حاصل از بخش چهارم، محدودیت‌های پژوه و ایده‌هایی برای کارهای آتی است.

۲- کارهای مشابه

مطالعات از سیگنال‌های متفاوتی برای ارزیابی استرس ناشی از بازی استفاده کرده‌اند. البته بسیاری از آنها از ترکیب چند نوع سیگنال بهره برده‌اند. مطالعات این حوزه، توانایی سیگنال‌های فیزیولوژیکی را برای پاسخ به تغییرات استرس هنگام بازی می‌سنجیدند. برخی بازی‌های بکار رفته جدی و برخی دیگر غیر جدی بودند.

مطالعه‌ی [۵] نشان داد که سیگنال‌های پاسخ گالوانیک پوست با سرعت و قدرت بالایی به تغییرات استرس در محیط‌های پیچیده بازی پاسخ می‌دهند. علاوه بر این ترکیب پاسخ گالوانیک پوست با سیگنال ضربان قلب (HR[۶]) کمک می‌کرد که بتوان استرس منفی (پریشانی) را پیدا کرد. پاسخ گالوانیک پوست نشان می‌داد هنگامی که بازیکنان به دلیل استرس بسیار کم موجود در بازی دچار بی‌حوصلگی شده‌اند، بایستی رویدادهای ناامیدکننده افزایش یابد تا بازی چالش برانگیزتر شود. در مطالعه‌ی [۶] یک آزمایش با هدف بررسی رابطه‌ی میان فعالیت صورت (FA[۷])، ضربان قلب و حالت‌های عاطفی، به ویژه استرس و کسالت، هنگام تعامل با بازی ارائه شده بود. افراد سه بازی سفارشی با پیشرفت خطی و ثابت را از حالت کسل‌کننده به حالت استرس‌زا، بدون هیچ سطح یا حالت از پیش تعریف شده‌ای انجام دادند. یافته‌ها نشان داد که تغییرات ضربان قلب و فعالیت صورت در بازه‌های خسته‌کننده و استرس زای جلسات بازی متفاوت بودند.

برخی دیگر از مطالعات از بازی برای تشخیص و ارزیابی استرس استفاده کرده بودند. مطالعه‌ی [۴] برای خودکار کردن پروفایلینگ و شخصی‌سازی درمان اختلال استرس پس از ضربه (PTSD[۸])، یک بازی برای تشخیص استرس طراحی کرده بود. این بازی فرد را مجبور می‌کرد تا موقعیت‌های مختلف استرس‌زا را تجربه کند؛ در حالی‌که همزمان از طریق پاسخ‌های هدایت پوست به آن دسته از محرک‌های استرس در بازی، شدت و نوع اختلال استرس پس از ضربه را پروفایل می‌کرد. نتایج نشانگر تناظر بالا میان معیارهای استاندارد برای تشخیص شدت این اختلال و پاسخ هدایت پوست بود.

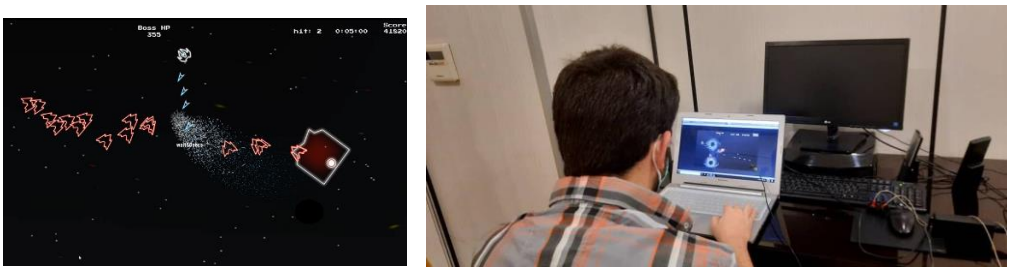
برخی مطالعات روی درمان استرس متمرکز بودند. بازی‌هایی که برای درمان مورد استفاده قرار می‌گرفتند از نوع بیوفیدبک بودند. در مطالعه‌ی [۱۱] یک بازی برای تسکین استرس ارائه شده بود تا از طریق بیوفیدبک و با استفاده از الکتروکاردیوگرام و تحلیل تغییرات در ضربان قلب، استرس کاربر اندازه گیری شود. سیستم کاهش استرس می‌توانست با تحلیل سیگنال‌های زیستی وضعیت استرس کاربر را تشخیص دهد. این رویکرد مبتنی بر ارزیابی وضعیت سیستم عصبی خودمختار از طریق تحلیل تغییرات در ضربان قلب بود. در

[۵] Overfitting
[۶] Heart Rate
[۷] Facial Actions
[۸] Post Traumatic Stress Disorder

چندین آزمایش نشان داده شد که آزمودنی‌ها پس از استفاده از نرم افزار بازی، در مدرسه و محل کار کمتر دچار پریشانی و استرس می‌شدند.

۳– رویکرد پیشنهادی

در این پژوهش سه حسگر پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس بکار گرفته شد تا استرس افراد را در حین بازی اندازه‌گیری کند. بازی مورد استفاده در آزمایش یک بازی تغییریافته از نوع تیراندازی است. این بازی در محیط unity و با زبان سی‌شارپ توسط مجری پروژه طراحی شده است. در شکل ۱ تصاویری از جلسه‌ی آزمایش و محیط بازی نشان داده شده است.



شکل ۱ –تصاویری از جلسه آزمایش و محیط بازی

ثبت داده‌های حسگری توسط سه حسگر پاسخ گالوانیک پوست، حسگر نیروی تنفس و حسگر دمای پوست انجام شد. دو الکترود حسگر پاسخ گالوانیک پوست بر روی انگشتان اشاره و وسط دست چپ قرار گرفت. کمربند حسگر نیروی تنفس در ناحیه‌ی قفسه‌ی سینه آزمودنی قرار گرفت. حسگر دمای پوست بر روی گونه‌ی چپ آزمودنی قرار گرفت.

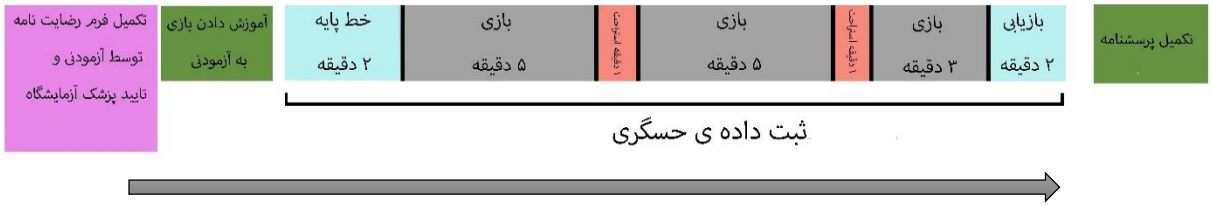
پاسخ گالوانیک پوست توانایی بدن انسان در ایجاد تغییرات مداوم در خصوصیات الکتریکی پوست است. پاسخ پوست گالوانیک، پاسخ اصلی بدن هنگام فعال شدن شاخه‌ی سمپاتیک سیستم عصبی خودمختار در پاسخ به یک محرک است. محرک خارجی یا داخلی با فعال کردن سیستم عصبی سمپاتیک باعث افزایش تعریق و در نتیجه افزایش فعالیت الکتریکی پوست می‌شود که از طریق الکترودهای قرار داده شده بر روی پوست قابل تشخیص است. این الکترودها معمولاً روی نوک انگشتان دست، انگشتان پا یا مچ قرار می‌گیرند. در حال حاضر رابطه‌ی مستقیم میان پاسخ پوست گالوانیک و برانگیختگی سمپاتیک مورد بررسی قرار گرفته است؛ در نتیجه پاسخ پوست گالوانیک محبوب‌ترین روش برای بررسی پدیده‌های روانشناختی انسانی است. در این بخش فرآیند انجام آزمایش، فراهم‌سازی مقدمات آن و مراحل آزمایش توضیح داده می‌شود.

۳–۱ فراهم‌سازی مقدمات آزمایش

آزمایش در آزمایشگاه نقشه برداری مغز واقع در پردیس فنی دانشگاه تهران انجام شد. قبل از شروع آزمایش بایستی فرم‌های مشخصی تکمیل می‌شد. مجوز اجرای آزمایش منوط به ارائه‌ی کداخلاق بود. ۲۰ آزمودنی در این آزمایش شرکت کردند که ۱۲ مرد و ۸ زن بودند. بازه‌ی سنی آزمودنی‌ها ۲۰ تا ۳۸ سال بود. دست غالب همگی به جز دو نفر دست راست بود.

۳–۲ اجرای آزمایش رایانه‌ای پژوهش

فرآیند اجرای آزمایش از مراحل مختلفی تشکیل شده بود. در این بخش هریک از این مراحل توضیح داده شده است.



شکل ۲ – مراحل انجام آزمایش

شکل ۱ مراحل آزمایش را نشان داده است. مدت زمان انجام آزمایش به طور متوسط ۴۰ دقیقه بود. . می‌شود.

۳–۶ جمع آوری داده‌ها

در این پژوهش چهار دسته داده وجود داشت:

- داده‌های حاصل از پرسشنامه؛ در این آزمایش از پرسشنامه‌ی DASS[۹] استفاده شد. در این پژوهش نمره‌ی استرس آزمون مدنظر بود. پرسشنامه حاوی ۴۲ سوال ۴ گزینه‌ای می‌باشد. این آزمون در مطالعات پژوهشی متعددی استفاده شده است.
- داده‌های جمع‌آوری شده از بازی کامپیوتری؛ همزمان با اجرای بازی، زمان رخدادهای بازی در تعدادی فایل متنی ذخیره شد.
- داده‌های جمع آوری شده از دستگاه های حسگری؛ توسط سه حسگر پاسخ گالوانیک پوست، حسگر نیروی تنفس و حسگر دمای پوست جمع‌آوری شدند.
- داده‌های عمومی آزمودنی؛ اطلاعاتی عمومی از آزمودنی می‌باشند که از وی پرسیده می‌شود. این داده‌ها سن، دست غالب، میزان تجربه‌ی وی در بازی‌های رایانه‌ای و جنسیت بودند. از آنجایی که همه‌ی افراد به یک میزان علاقه به بازی‌های رایانه‌ای نشان نمی‌دهند، تجربه‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. در پژوهش برای این ویژگی سه مقدار ۱، ۲ و ۳ در نظر گرفته شده است. عدد ۱ معادل تجربه‌ی پایین، عدد ۲ معادل تجربه‌ی متوسط و مقدار ۳ معادل تجربه‌ی بالا می‌باشد.

۱– ثبت داده‌های حسگری: ثبت داده‌ها با استفاده از کتابخانه‌ی اختصاصی g.tech متعلق به این شرکت در stimulink نرم‌افزار متلب انجام شد. نرخ نمونه‌برداری[۱۰] برای همه‌ی حسگرها ۵۱۲ هرتز بود. با استفاده از کتابخانه‌ی stimulink یک setup برای هریک از سنسورها برقرار شد. داده‌های ثبت شده از سه دستگاه حسگری از جنس موج هستند. برای اینکه بتوان از آنها استفاده‌ی پژوهشی کرد بایستی تبدیل به مقادیر کمّی شوند. ویژگی‌های کمّی فراوانی از امواج می‌توان برداشت کرد. داده‌های برداشت شده در این پژوهش از جنس داده‌های آماری هستند. انتخاب این ویژگی‌ها با الهام گرفتن از پژوهش‌های مشابه ([۱۲] و [۱۳] و [۱۴]) بوده است. این ویژگی‌ها در جدول ۱مشاهده است. در اینجا ویژگی‌های سیگنال‌های ثبت شده در ۷ بازه‌ی زمانی پایه (۳ دقیقه)، ۵ دقیقه‌ی آغازین بازی، استراحت اول، ۵ دقیقه‌ی میانی بازی، استراحت دوم، ۳ دقیقه‌ی پایانی بازی و دو دقیقه در بازه‌ی زمانی بازیابی استخراج شد.

[۹] Depression, Anxiety, Stress Scale

[۱۰] Sampling rate

جدول ۱- ویژگی های استخراج شده از امواج پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس به همراه تعریف هرکدام

نام ویژگی	شرح ویژگی
میانگین	میانگین مقادیر داده در بازه‌ی زمانی مشخص شده*
میانگین پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس	میانگین مشتق اول سیگنال در بازه‌ی زمانی مشخص شده
بیش‌ترین مقدار پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس	بیش‌ترین مقدار پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس در بازه‌ی مانی مشخص شده
کم‌ترین مقدار پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس	کم‌ترین مقدار پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس در بازه‌ی مانی مشخص شده
واریانس پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس	واریانس پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس در بازه‌ی زمانی مشخص شده
دامنه‌ی پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس	دامنه‌ی پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس در بازه‌ی زمانی مشخص شده
انحراف معیار پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس	انحراف معیار پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس در بازه‌ی زمانی مشخص شده
Ct برای پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس	نسبت دامنه به قدرمطلق میانگین در بازه‌ی زمانی مشخص شده (دامنه / قدرمطلق میانگین)
Cv برای پاسخ گالوانیک پوست، دما و تنفس	نسبت انحراف معیار به میانگین در بازه‌ی زمانی مشخص شده (انحراف‌معیار / میانگین)
چندک دهم، چندک بیست و پنجم، چندک پنجاهم، چندک هفتاد و پنجم، چندک نودم	عددی که ده درصد داده‌ها در بازه‌ی زمانی مشخص شده از آن کوچکتر می‌شوند. عددی که بیست و پنج درصد داده‌ها در بازه‌ی زمانی مشخص شده از آن کوچکتر می‌شوند. عددی که پنجاه درصد داده‌ها در بازه‌ی زمانی مشخص شده از آن کوچکتر می‌شوند. عددی که هفتاد و پنج درصد داده‌ها در بازه‌ی زمانی مشخص شده از آن کوچکتر می‌شوند. عددی که نود درصد داده‌ها در بازه‌ی زمانی مشخص شده از آن کوچکتر می‌شوند.
صدک بیستم	عددی است که در بازه‌ی زمانی مشخص شده ۲۰ درصد داده‌ها از آن کمتر و ۸۰ درصد داده‌ها از آن بیشتر باشند.
صدک هشتادم	عددی است که که در بازه‌ی زمانی مشخص شده ۸۰ درصد داده‌ها از آن کمتر و ۲۰ درصد داده‌ها از آن بیشتر باشند.
دامنه‌ی میان چارکی	تفاوت میان چارک اول و چارک سوم در بازه‌ی زمانی مشخص شده

*** منظور از بازه‌های زمانی، بازه‌های پایه، ۰-۵، ٦-۱۱، ۱۲-۱۳ و بازیابی می‌باشد.**

۲- ثبت داده‌های بازی: هنگام بازی، قسمتی از اطلاعات آزمودنی در چند فایل متنی ذخیره گردید. این اطلاعات شامل زمان ورود غول‌ها و امتیاز و تعداد برخوردهای آن‌ها در آن لحظه، زمان نابود شدن غول‌ها و امتیاز و تعداد برخورد، زمان اعلام فاز جدید بازی، امتیاز و برخورد در آن لحظه ، زمان خوردن عنصر قدرتی بازی، امتیاز و برخورد نهایی ... بودند. سپس با تعریف متغیرهایی، داده‌های حاصل تبدیل به مولفه‌ی کمّی شدند.

۴- ارزیابی داده‌های بدست آمده

در این بخش داده‌های جمع‌آوری شده از بخش‌های قبل در دیتاست قرار گرفتند. کشف دانش و داده‌کاوی در این مرحله صورت گرفت. فرایند کشف دانش و داده‌کاوی در این پژوهش از گام‌های زیر تشکیل شده بود.

۴-۱ انتخاب ویژگی

ابتدا داده‌ها براساس متغیر استرس دسته‌بندی شدند. سپس در هر دسته مقادیر گمشده‌ی متغیرهای پیوسته با میانگین همان ویژگی، در همان دسته جانشانی شد. در ادامه مقادیر گمشده‌ی متغیرهای گسسته با مُد همان ویژگی، در همان دسته جانشانی شد. برای داده‌های گسسته نمی‌توان از میانگین استفاده کرد. در حقیقت داده‌های پوچ با روش جانهی میانگین گروهی و جانهی مُد جانشانی شده‌اند. برخی از روش‌های کلاس‌بندی توانایی رتبه‌بندی ویژگی‌ها را دارند و به هر ویژگی یک رتبه را اختصاص می‌دهند. روش اهمیت ویژگی‌ها از دو دسته بند Extra trees و جنگل تصادفی استفاده کرد تا عملیات انتخاب ویژگی‌ها را انجام دهد. در ادامه از روش اطلاعات متقابل نیز برای انتخاب ویژگی‌های مناسب استفاده شد.

۴-۲ یافتن مدل نهایی

در ادامه دسته‌بندهای گرادیان تقویتی، جنگل تصادفی، آدابوست، درخت تصمیم، پرسپترون، پرسپتون چندلایه و Extra trees با استفاده از سه مجموعه‌ویژگی حاصل شده از طریق روش اهمیت ویژگی‌ها و روش اطلاعات متقابل برازش شدند و در نهایت بهترین دسته‌بند و مناسب‌ترین مجموعه‌ویژگی انتخاب شد. این نتایج در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۲- برازش مدل‌ها با طبقه‌بندهای مختلف

برازش مدل‌ها با ویژگی‌های انتخابی طبقه‌بند درختان شدیداً تصادفی شده و روش اهمیت ویژگی‌ها			برازش مدل‌ها با ویژگی‌های انتخابی طبقه-بند جنگل تصادفی و روش اهمیت ویژگی‌ها			برازش مدل‌ها با ویژگی انتخابی روش اطلاعات متقابل		
نام طبقه‌بند	دقت	انحراف‌معیار	نام طبقه‌بند	دقت	انحراف‌معیار	نام طبقه‌بند	دقت	انحراف‌معیار
پرسپترون	۰/۵۴۶	۰/۱۷۱	پرسپترون	۰/۴۷۷	۰/۱۵۲	پرسپترون	۰/۵۵۶	۰/۱۵۱
درخت تصمیم	۰/۶۱۱	۰/۱۲۶	درخت تصمیم	۰/۶۳۰	۰/۱۴۸	درخت تصمیم	۰/۵۷۴	۰/۱۴۴
جنگل تصادفی	۰/۶۳۴	۰/۰۷۸	جنگل تصادفی	۰/۶۳۴	۰/۱۱۱	جنگل تصادفی	۰/۶۸۵	۰/۱۰۰
گرادیان تقویتی	۰/۶۲۰	۰/۱۰۷	گرادیان تقویتی	۰/۶۵۷	۰/۱۰۰	گرادیان تقویتی	۰/۶۵۳	۰/۱۰۰
آدابوست	۰/۴۷۲	۰/۱۳۶	آدابوست	۰/۵۹۳	۰/۱۳۱	آدابوست	۰/۵۲۸	۰/۱۲۳
Extra trees	۰/۷۱۳	۰/۱۱۴	Extra trees	۰/۷۰۴	۰/۰۹۷	Extra trees	۰/۷۱۸	۰/۰۷۳
پرسپترون چندلایه	۰/۴۷۲	۰/۱۲۳	پرسپترون چندلایه	۰/۴۲۶	۰/۱۸۷	پرسپترون چندلایه	۰/۴۳۱	۰/۱۴۲

همانطور که مشاهده می‌شود طبقه‌بند Extra trees عملکرد مطلوبی داشت. برای انتخاب مجموعه ویژگی مطلوب، با نگاهی به دقت‌ها و انحراف‌معیارها، ویژگی‌های انتخاب شده توسط روش اطلاعات متقابل، نتایج دقیق‌تری را ارائه می‌کند.

تنظیم دقیق: تنظیم دقیق بخش پایانی کار بود که می‌توانست منجر به بهبود نتایج خروجی شود. تنظیم دقیق به معنای پیدا کردن بهترین پارامتر برای الگوریتم‌های یادگیری ماشین است. مقادیر ۱۰،۲۰،۴۰،۵۰،۷۰،۹۰،۱۰۰،۲۰۰،۵۰۰،۱۰۰۰ برای تعداد برآوردگر درنظر گرفته شد. سپس با استفاده از اعتبارسنجی متقابل سعی شد تا مقدار مناسبی برای برآوردگر پیدا شود. منظور از تعداد برآوردگر، تعداد درخت‌هایی است که بایستی توسط مدل تولید شود. با تغییر تعداد برآوردگرها این نتیجه به دست آمد که مقدار ۹۰ برای تعداد برآوردگر، بالاترین دقت و کم‌ترین انحراف‌معیار را نتیجه می‌دهد. شد.

۴-۳ مدل نهایی

طبقه‌بند Extra trees با ویژگی‌های انتخابی روش اطلاعات متقابل مدل نهایی خواهد بود و میانگین دقت = ۰/۷۳۶و انحراف معیار= ۰/۰۷۹ را به همراه داشت. بدین ترتیب بازی می‌تواند با کمک داده های حسگری با دقت ۷۳ درصد میزان استرس را پیش‌بینی کند. می‌دهد.

۴-۴ بازی برای ارزیابی استرس

در ادامه بررسی شد که چقدر بازی به تنهایی می‌تواند استرس را پیش‌بینی کند مسئله‌ای است که تاکنون بدون پاسخ باقی مانده است. به همین خاطر دیتاست به دو دیتاست مجزا تقسیم شد؛ در یکی داده‌های بازی قرار گرفت و در دیگری داده‌های حسگری. داده‌های عمومی آزمودنی و داده‌های پرسشنامه در دو دیتاست بدون تغییر باقی ماندند.

تمام مراحل پیشین یعنی انتخاب ویژگی با روش استخراج ویژگی برگشتی، اهمیت ویژگی‌ها و اطلاعات متقابل برروی هر دو دیتاست اعمال شد. مانند قبل روش اهمیت ویژگی‌ها و اطلاعات متقابل در مقایسه با روش استخراج ویژگی برگشتی عملکرد بهتری داشتند. مقادیر ویژگی‌های انتخابی این دو روش مانند قبل در ۷ طبقه‌بند قرار گرفتند. دقت و انحراف معیار هریک از مدل‌های حاصل با ویژگی‌های انتخابی این دو روش در ادامه شرح داده می‌شود.

۴-۴-۱ دیتاست داده‌های بازی

در این قسمت مراحل کار انجام شده برای تولید مدلی مناسب با دقت بالا و انحراف‌معیار پایین انجام شد.

۱) **یافتن مدل نهایی:** در ادامه دسته‌بندهای گرادیان تقویتی، جنگل تصادفی، آدابوست، درخت تصمیم، پرسپترون، پرسپتون چندلایه و Extra trees با استفاده از سه مجموعه‌ویژگی حاصل شده از طریق روش اهمیت ویژگی‌ها و روش اطلاعات متقابل برازش شدند و در نهایت بهترین دسته‌بند و مناسب‌ترین مجموعه‌ویژگی انتخاب شد.

جدول ۳- برازش مدل‌ها با طبقه‌بندهای مختلف

برازش مدل‌ها با ویژگی‌های انتخابی طبقه‌بند درختان شدیداً تصادفی شده و روش اهمیت ویژگی‌ها			برازش مدل‌ها با ویژگی‌های انتخابی طبقه‌بند جنگل تصادفی و روش اهمیت ویژگی‌ها			برازش مدل‌ها با ویژگی انتخابی روش اطلاعات متقابل		
نام طبقه‌بند	دقت	انحراف‌معیار	نام طبقه‌بند	دقت	انحراف‌معیار	نام طبقه‌بند	دقت	انحراف‌معیار
پرسپترون	۰/۲۱۲	۰/۱۶۵	پرسپترون	۰/۲۱۲	۰/۱۶۵	پرسپترون	۰/۳۴۷	۰/۲۳۴
درخت تصمیم	۰/۶۳۲	۰/۱۰۱	درخت تصمیم	۰/۶۳۲	۰/۱۳۹	درخت تصمیم	۰/۶۵۱	۰/۱۱۲
جنگل تصادفی	۰/۶۱۶	۰/۰۷۱	جنگل تصادفی	۰/۶۸۵	۰/۱۰۱	جنگل تصادفی	۰/۶۸۵	۰/۱۰۱
گرادیان تقویتی	۰/۵۸۵	۰/۱۰۷	گرادیان تقویتی	۰/۵۶۶	۰/۱۰۶	گرادیان تقویتی	۰/۶۰۳	۰/۱۳۱
آدابوست	۰/۵۶۹	۰/۱۳۶	آدابوست	۰/۵۸۵	۰/۱۲۷	آدابوست	۰/۵۳۴	۰/۰۷۳
Extra trees	۰/۶۱۹	۰/۰۵۵	Extra trees	۰/۶۸۵	۰/۱۲۲	Extra trees	۰/۷۵۱	۰/۰۹۴
پرسپترون چندلایه	۰/۳۴۷	۰/۱۵۱	پرسپترون چندلایه	۰/۵۵۰	۰/۱۸۲	پرسپترون چندلایه	۰/۳۹۹	۰/۱۶۳

مشاهده شد که طبقه‌بند Extra trees با ویژگی‌های انتخابی روش اطلاعات متقابل همچنان بهترین عملکرد را دارد. مقایسه میان هریک از این سه روش نشان می‌دهد که روش اطلاعات متقابل ویژگی‌های مطلوب‌تری را برگزیده است. پس می‌توان

گفت برای دیتاست داده‌های بازی مانند قبل مدل نهایی: طبقه‌بند Extra trees و مجموعه‌ویژگی نهایی: مجموعه‌ی حاصل از روش اطلاعات متقابل می‌باشد.

۲) **یافتن مناسب‌ترین هایپرپارامتر:** دو هایپرپارامتر برآوردگر و حداقل نمونه برای هر انشعاب با گرفتن مقادیر مختلف، دقت و انحراف‌معیار مدل نهایی را ارزیابی کردند. مقدار۲۰ برای برآوردگر و مقدار ۱۰ برای حداقل نمونه برای هر انشاب بالاترین دقت و کم‌ترین انحراف‌معیار را نتیجه می‌دهند. با توجه به مقادیر حاصل شده برای هایپرپارمترها مدل ارزیابی شد و دقت برابر با ۰/۶۳۵ و انحراف‌معیار برابر با ۰/۰۵۹ بود.

۴-۴-۲ دیتاست داده‌های حسگری

همه‌ی مراحل فوق برای داده‌های حسگری نیز تکرار شد تا مقایسه‌ای میان این داده‌ها صورت بگیرد. دقت حاصل ۰/۷۳۳ و انحراف-معیار ۰/۰۶۳ بود. دقت حاصل بیشتر از مدل حاصل از داده‌های بازی بود که امری کاملاً طبیعی است؛ زیرا حسگری‌ها دقت بالاتری برای ارزیابی استرس دارند.

۵- نتیجه‌گیری

برای انتخاب ویژگی‌ها در مرحله‌ی پیش پردازش از سه روش اطلاعات متقابل، اهمیت ویژگی‌ها و استخراج ویژگی برگشتی استفاده شد. در این میان روش‌های اطلاعات متقابل و اهمیت ویژگی‌ها دقت بالاتری از خود نشان دادند. پس از آن، داده‌ها با استفاده از چند طبقه‌بند، طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که دقت طبقه‌بند Extra trees بالاترین مقدار رادارد و تقریبا ۷۳ درصد بود. بدین ترتیب بازی می‌تواند با کمک داده های حسگری با دقت ۷۳ درصد میزان استرس را پیش‌بینی کند. از آن‌جایی که افراد جامعه فقط در سطوح استرس عادی، خفیف و متوسط بودند و نمونه‌ای با سطح استرس شدید و یا خیلی شدید موجود نبود، لذا مدل پیشنهادی فقط می‌تواند در این سه سطح افراد را طبقه‌بندی کند. از این پس فرد می‌تواند همزمان با انجام بازی ثبت حسگری داشته باشد. سپس می‌توان با قرار دادن داده‌های حاصل در مدل Extra trees با دقت ۷۳ درصد پیش‌بینی کرد که فرد چه میزان استرس دارد. همچنین میزان تأثیر هریک از متغیرهای فوق بر روی خروجی ارزیابی شد. نتایج نشان‌دهنده‌ی توانایی بالای متغیرهای بازی بر روی خروجی بود. هرچند متغیرهای حسگری درجه‌های بالاتری را دریافت کرده بودند.

برای سنجش تأثیر بازی در ارزیابی استرس، دیتاست به دو دیتاست مجزا تقسیم شد؛ در یکی داده‌های حسگری آزمودنی‌ها قرار گرفت و در دیگری داده‌های بازی. داده‌های پرسشنامه و داده‌های عمومی بدون تغییر به هر دو دیتاست اضافه شد. روش‌های پیشین انتخاب ویژگی و انتخاب مدل بر روی هر دو دیتاست اعمال شد. در این دیتاست نیز روش اطلاعات متقابل دقت بالاتری در انتخاب ویژگی از خود نشان داد. برای طبقه‌بندی، Extra trees دقت بالاتری در طبقه‌بندی داده‌ها داشت. با توجه به مقادیر حاصل شده برای هایپرپارمترها مدل ارزیابی شد و دقت برابر با ۰/۶۳۵ و انحراف‌معیار برابر با ۰/۵۹ بود. از این پس می‌توان با قرار دادن قسمتی از ویژگی‌های انتخاب شده که مربوط به بازی هستند و قرار دادن این داده‌ها در مدل Extra trees با دقت ۶۳ درصد پیش‌بینی کرد که فرد چه میزان استرس دارد.

همه‌ی مراحل فوق برای داده‌های حسگری نیز تکرار شد تا مقایسه‌ای میان این داده‌ها صورت بگیرد. دقت حاصل ۰/۷۳۳ و انحراف-معیار ۰/۰۶۳ بود. دقت حاصل نسبت به مدل حاصل از داده‌های بازی بیشتر بود که امری کاملاً طبیعی است؛ زیرا حسگری‌ها دقت

بالاتری برای ارزیابی استرس دارند. بنابراین می‌توان این نوید را داد که بازی‌ها توانایی بالقوه‌ای در ارزیابی و تشخیص استرس دارند. بدین‌ترتیب علاوه براینکه این روش اقتصادی‌تر از حسگری‌ها با دقت بالا می‌باشد، از جذابیت بیشتری نیز برخوردار است.

منابع

[1] R. P. D. L. And and N. Medina-Medina1, "A Comprehensive Taxonomy for Serious Games," *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 55, no. 5, pp. 629–672, 2016.

[2] D. Das, T. Bhattacharjee, S. Datta, A. D. Choudhury, P. Das, and A. Pal, "Classification and quantitative estimation of cognitive stress from in-game keystroke analysis using EEG and GSR," *2017 IEEE Life Sciences Conference, LSC 2017*, vol. 2018-Janua. pp. 286–291, 2018, doi: 10.1109/LSC.2017.8268199.

[3] F. Bevilacqua, H. Engström, and P. Backlund, "Accuracy evaluation of remote photoplethysmography estimations of heart rate in gaming sessions with natural behavior," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10714 LNCS. pp. 508–530, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-76270-8_35.

[4] Holmgård, Christoffer, Georgios N. Yannakakis, Karen-Inge Karstoft, and H. S. A. "Stress detection for ptsd via the startlemart game," in *2013 Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*, 2013, pp. 523–528.

[5] S. Wu and T. Lin, "Exploring the use of physiology in adaptive game design," *2011 International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks, CECNet 2011 - Proceedings*. pp. 1280–1283, 2011, doi: 10.1109/CECNET.2011.5768186.

[6] F. Bevilacqua, H. Engström, and P. Backlund, "Changes in heart rate and facial actions during a gaming session with provoked boredom and stress," *Entertainment Computing*, vol. 24. pp. 10–20, 2018, doi: 10.1016/j.entcom.2017.10.004.

[7] A. Plotnikov *et al.*, "Exploiting real-time EEG analysis for assessing flow in games," in *2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2012, pp. 688–689.

[8] A. E. Alchalabi, S. Shirmohammadi, A. N. Eddin, and M. Elsharnouby, "FOCUS: Detecting ADHD patients by an EEG-based serious game," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 67, no. 7. pp. 1512–1520, 2018, doi: 10.1109/TIM.2018.2838158.

[9] A. Slimani, F. Elouaai, L. Elaachak, O. B. Yedri, M. Bouhorma, and M. Sbert, "Learning Analytics Through Serious Games: Data Mining Algorithms for Performance Measurement and Improvement Purposes," *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 13, no. 1, pp. 46–64, 2018.

[10] and Y. R. Ahmad, Muhammad Waseem, Jonathan Reynolds, "Predictive modelling for solar thermal energy systems: A comparison of support vector regression, random forest, extra trees and regression trees," *J. Clean. Prod.*, vol. 203, pp. 810–821, 2018.

[11] K. S. Yoo, J. S. Ahn, and W. H. Lee, "A design of the stress relief game based on autonomic nervous system," *Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 181 LNEE. pp. 371–376, 2012, doi: 10.1007/978-94-007-5076-0_44.

[12] Sakri, Oumayma, Christelle Godin, Gaël Vila, Etienne Labyt, Sylvie Charbonnier, and A. C. "A Multi-User Multi-Task Model For Stress Monitoring From Wearable Sensors," in *21st International Conference on Information Fusion (FUSION)*, 2018, pp. 761–766.

[13] Han, Lu, Qiang Zhang, Xianxiang Chen, Qingyuan Zhan, Ting Yang, and Z. Z. "Detecting work-related stress with a wearable device," *Comput. Ind.*, vol. 90, pp. 42–49, 2017.

[14] Anusha, A. S., Joy Jose, S. P. Preejith, Joseph Jayaraj, and S. M. "Physiological Signal Based Work Stress Detection Using Unobtrusive Sensors," *Biomed. Phys. Eng. Express*, vol. 4, no. 6, p. 065001, 2018.