



# سومین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی «بازی‌های رایانه‌ای؛ فرصت‌ها و چالش‌ها»

بهمن‌ماه ۱۳۹۶ - دانشگاه اصفهان

## بررسی و تحلیل روش‌های تنظیم پویای سختی در بازی‌های رایانه‌ای چندنفره

افسانه یدائی<sup>۱\*</sup>، یونس سخاوت<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد هنرهای رایانه‌ای، تولید بازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز

afsaneh.yadaei@tabriziau.ac.ir

۲- استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده چندرسانه‌ای، دانشگاه هنر اسلامی تبریز

sekhavat@tabriziau.ac.ir

### چکیده

این مقاله به بررسی معیار جذابیت بازی و ایجاد آن از طریق اعمال مکانیک‌های تطبیق سختی پویا در بازی‌های سبک چندنفره که امروزه بیشترین طرفدار را در دنیادارانند پرداخته است. از آنجایی که در بازی‌های چندنفره، افراد در رقابت‌ها رودرروی همدیگر قرار می‌گیرند، امکان رویارویی افرادی که مهارت‌های کاملاً متفاوت از هم دارند بسیار بالا بوده و امکان ترک بازی توسط بازیکنان تازه‌کار و خیره وجود خواهد داشت؛ بنابراین تنظیم پویای سختی به‌عنوان یکی از چندین روش موجود برای حل این مشکل و در باب ایجاد جذابیت در بازی‌ها موردبررسی قرار گرفته است. در این مقاله با بررسی کارهای قبلی انجام‌شده در این موضوع، یک طبقه‌بندی درزمینه‌ی سبک بازی‌های چندنفره و عامل جذابیت در این بازی‌ها ارائه شده است. روش تحقیق در این مقاله توصیفی و ابزار تحقیق از نوع کتابخانه‌ای و بررسی مقالات و نتایج به‌دست‌آمده از آن‌ها می‌باشد. بررسی‌ها نشان‌دهنده وجود روش‌های مختلف در شاخه تطبیق سختی پویا بوده است که در بخش ۴ جهت مقایسه ارائه شده است.

کلمات کلیدی: تطبیق سختی پویا، جذابیت بازی، میدان نبرد چندنفره برخط، بازی چندنفره برخط کلان، هوش مصنوعی

### ۱- مقدمه

تنوع بازی‌های چندنفره روزبه‌روز در حال افزایش است. این بازی‌ها، ژانرهای مختلفی را شامل می‌شوند که هرکدام طرفدارانی را از دیرباز به خود جلب کرده‌اند؛ اما نکته‌ی مهمی که توسعه‌دهندگان بازی، خود را همیشه درگیر آن دیده‌اند میزان جذابیت بازی بوده است. در اصل، این جذابیت بازی است که تجربه مناسبی به بازیکن ارائه می‌دهد و این امر منجر به فراهم آوردن مجدد همان بازیکن و یا سایر بازیکنان می‌شود؛ اما توسعه‌ی یک بازی به معنای واقعی جذاب به این سادگی نخواهد بود. روش‌های بسیاری در ژانرهای مختلف بازی‌ها برای بهبود و یا فراهم آوردن این مهم مطرح شده‌اند [1]. ازجمله اصلی‌ترین این روش‌ها عبارت‌اند از: همسان‌گزینی<sup>۱</sup> [2,3]، تطبیق سختی پویا<sup>۲</sup>، نقش‌های نامتقارن<sup>۳</sup> و دستیار مهارت<sup>۴</sup> [3].

تنظیم پویای سختی فرآیند خودکار تغییر پارامترها، سناریوها و رفتارها در بازی ویدئویی به‌صورت بلادرنگ و با توجه به توانایی‌های بازیکن است که به‌منظور جلوگیری از خستگی آن‌ها (در مراحل بسیار ساده) و همچنین جلوگیری از ورود بازیکن به محدوده اضطراب (در مراحل بسیار دشوار) به اجرا درمی‌آید [4, 5, 6]. تطبیق سختی یکی از روش‌های مورد استفاده در ایجاد جذابیت در بازی‌ها است [7] و زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که هر بازیکن توانایی‌های متفاوت از دیگر بازیکن داشته باشد.

<sup>1</sup> Matchmaking

<sup>2</sup> Dynamic Difficulty Adjustment

<sup>3</sup> Asymmetric roles

<sup>4</sup> Skill assistances



درواقع هدف جلوگیری از خروج بازیکنان تازه‌کار و خبره از کانال در جریان بودن<sup>۵</sup> است [4]. با رعایت این امر از طریق تطبیق میزان سختی رقابت ارائه‌شده با میزان مهارت بازیکن، طبق نظریه چیکسنتمیهایی و ناکامورا [5]، می‌توان به جذابیت بازی از طریق تطبیق سختی دست پیدا کرد.

باوجود بررسی‌های موجود در باب تطبیق سختی در بازی‌ها، تنها تعداد کمی آن را در سبک بازی‌های چندنفره موردبررسی و آزمایش قرار داده‌اند. باین‌حال، کمتر به مبحث وجود روش‌های مختلف که توسط بازیکنان در بازی ارائه می‌شوند پرداخته‌شده است [8]. نتایج آزمایشات انجام‌شده توسط ورث و همکاران [9] نشان داده است رفتار داخل بازی با صفات شخصیتی هر فرد که او را قادر می‌سازد گزینه‌های متفاوتی را در بازی انتخاب کند، ارتباط دارد. درواقع در روند یک بازی چندنفره، بسته به عادات و شخصیت‌های افراد، روش‌هایی در بازی ارائه می‌شود که سایر بازیکنان خواه یا ناخواه از آن‌ها تأثیر می‌پذیرند. این تأثیر البته، در بازی‌های چندنفره برخط کلان<sup>۶</sup> آشکارتر است [8]؛ به همین دلیل نیاز مبرمی برای استفاده از این روش برای بازی‌های چندنفره بر خط بسیار افزایش یافته و حضور یا عدم حضور هر بازیکن در کانال جریان وابسته به هم‌تیمی‌ها، رقبا و عامل‌های کنترل‌شده توسط هوش مصنوعی است و تمام این عوامل با تأثیرپذیری از تطبیق سختی، در ایجاد جذابیت و حفظ آن در طول بازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. در بازی‌های چندنفره برخط بنا بر حضور چند نفر به‌طور هم‌زمان در بازی، این امر بسیار دشوارتر نیز جلوه می‌کند. از این‌جهت بایستی روش‌های اجرای پروسه تطبیق در بازی‌های کلان برخط به نحوی باشد که مکانیک بازی بتواند در هر زمان تطبیق موردنیاز را اعمال کرده و ترک بازی توسط بازیکنان را به کمترین میزان ممکن کاهش دهد. از طرفی، اجرای روش تطبیق سختی نیازمند پیروی از اصولی است که توسط آندره و همکاران [10] به شرح زیر خلاصه‌شده‌اند: شناسایی خودکار توانایی‌های بازیکن در روند بازی توسط خود بازی و تطبیق هر چه سریع‌تر با آن، حفظ تعادل لحظه‌به‌لحظه بازی همگام با پیشرفت‌ها و پسرفت‌های بازیکن و عدم لمس پروسه تطبیق توسط بازیکن. رعایت موارد ذکرشده در زمان استفاده از روش تطبیق سختی باهدف ایجاد جذابیت در بازی امری لازم و ضروری است. البته لزوم استفاده از تطبیق سختی پویا در بازی‌ها تنها به نگرش داشتن بازیکن در بازی ختم نمی‌شود. دلیل دیگر مربوط به یکی از اصلی‌ترین اهداف بازی‌ها از گذشته تا به امروز یعنی هدف آموزش است. بازی‌های نقش‌آفرینی چندنفره برخط کلان<sup>۷</sup> مناطقی برای یادگیری اولیه به تازه‌کاران اختصاص داده و فرصت یادگیری را برایشان فراهم می‌کنند [8]. البته این فرصت در صورتی که با توانایی‌های آن‌ها هم‌خوانی و تطابق لحظه‌به‌لحظه داشته باشد می‌تواند آن‌ها را در ادامه‌ی بازی و عدم ترک آن همراهی کند و در اینجا است که تطبیق سختی به معنای واقعی آن یعنی «پویا» می‌تواند در بازی‌های کلان برخط مورد استفاده قرار گیرد. در بخش ۲، توضیحاتی در مورد سبک بازی‌های چندنفره و در بخش ۳، روش‌های تطبیق سختی به‌صورت خلاصه مطرح‌شده‌اند. در بخش ۴، این روش‌ها با در نظر گرفتن معیار ایجاد جذابیت دسته‌بندی‌شده و مورد تحلیل قرار گرفته است. در بخش پایانی مقاله نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پرداخته‌شده است.

## ۲- بازی‌های چندنفره

بازی‌های چندنفره امروزه در عصر فناوری بیشترین طرفداران را به خود جلب کرده‌اند. درواقع این بازی‌ها با فراهم آوردن محیطی تعاملی و ارتباط بین بازیکنان طرفداران بسیاری را به خود جلب می‌کنند. انواع بازی‌های چندنفره بر خط دسته‌بندی‌شده

<sup>5</sup> Flow channel

<sup>6</sup> MMOG: Massively Multiplayer Online Game

<sup>7</sup> MMORPG: Massively Multiplayer Online Role-playing Game



توسط نصرتی و همکاران [11] عبارت‌اند از: بازی‌های چندنفره برخط، بازی‌های نقش‌آفرینی چندنفره برخط کلان، بازی‌های میدان نبرد چندنفره برخط<sup>۸</sup>.

بازی چندنفره برخط کلان نوعی سبک بازی است که امکان حضور چندین کاربر به‌طور هم‌زمان در یک محیط بازی وجود دارد که این موجب فراهم شدن محیطی تعاملی به‌صورت برخط بین بازیکنان هم‌تیمی و دشمن می‌شود. این سبک بازی انواع مختلفی را شامل می‌شود از جمله سبک نقش‌آفرینی، تیراندازی اول‌شخص، راهبردی بی‌درنگ، ورزشی، موسیقی/آریتیمیک، اجتماعی، مسابقه‌ای و غیره [11]. سبک بازی‌های نقش‌آفرینی چندنفره برخط کلان به‌گونه‌ای طراحی شده است که مواردی چون معاشرت، ارتباطات و همکاری را در محیط بازی بین بازیکنان ترویج می‌کند [12]. درواقع در روند بازی، بازیکنان با اجرای مأموریت‌های متفاوت می‌توانند تجربیاتی به دست آورده و همانند امتیاز آن را برای خرید آیتم و یا ارتقاء توانایی‌های قهرمان خود مورد استفاده قرار دهند [13].

سبک میدان نبرد چندنفره برخط که با عنوان راهبرد بی‌درنگ اکشن<sup>۹</sup> نیز شناخته می‌شود یک اصلاح از سبک بازی راهبردی بی‌درنگ است که باینکه هنوز جوان است طرفداران بسیاری را به خود جذب کرده است. اولین بازی این سبک بازی بانام ستیز ابدیت<sup>۱۰</sup> است که یک اصلاح از بازی استارکرفت<sup>۱۱</sup> است. این سبک بازی‌ها، مواردی چون خودمختاری کمتر، ناامیدی بیشتر و رقابت‌های بیشتر به بازیکنان ارائه می‌کنند. این بازی‌ها پیچ‌یادگیری تندی برای بازیکنان تازه‌کار دارند، همچنین مستلزم تمرکز بیشتر روی رقابت کردن و همکاری با دیگران هستند. همین عوامل باعث قرار گرفتن تازه‌کارها در منطقه اضطراب و ناامیدی می‌شوند؛ به همین دلیل روش تطبیق سختی پویا می‌تواند برای برطرف کردن مشکل مورد آزمایش و استفاده قرار گیرد. این سبک بازی‌ها شامل دو گروه پنج‌نفره است و هر بازیکن، تنها قهرمان خود را در اختیار دارد نه کل یگان. هر گروه دارای یک پایگاه است و هدف اصلی بازی درهم شکستن پایگاه دشمن است؛ هدف فرعی که برای رسیدن به هدف اصلی کمک‌کننده محسوب می‌شود کشتن قهرمانان دشمن و یگان‌های خنثی است و به دست آوردن امتیاز تجربه است [14].

### ۳- تنظیم پویای سختی در بازی‌های چندنفره

در این بخش از مقاله روش‌های ارائه‌شده و بررسی‌های انجام‌شده در زمینه تطبیق سختی پویا در بازی‌های چندنفره توصیف و جهت مقایسه و مطالعه بهتر در جدول ۵ به‌صورت خلاصه ارائه و تحلیل شده است.

#### ۳-۱- تطبیق سختی پویا در میدان نبرد چندنفره برخط

بررسی‌ها و آزمایش‌هایی برای تطبیق سختی پویا در سبک بازی‌های میدان نبرد چندنفره برخط توسط سیلوا و همکاران [14] صورت گرفته است که در آن از عامل هوش مصنوعی، ۳ حالت برای عامل هوش مصنوعی و تعدادی راهبرد، چند فرمول و متغیر، یک بردار و بازی دوتا<sup>۱۲</sup> استفاده شده است تا یک بررسی جهت بالا بردن سرگرمی کاربران از طریق تطبیق رفتار عامل هوش مصنوعی و در راستای آن، تنظیم میزان سختی بازی با مهارت‌های بازیکن صورت بگیرد. در روش ارائه‌شده عامل هوش

<sup>8</sup> MOBA: Multiplayer Online Battle Arena

<sup>9</sup> Action Real-time Strategy

<sup>10</sup> Aeon of Strife

<sup>11</sup> StarCraft

<sup>12</sup> DotA: Defence of the Ancients



مصنوعی که کنترل‌کننده‌ی یک قهرمان است، با سطوح مختلفی طراحی شده است تا بتواند رفتارهای متفاوتی که بازیکنان در بازی ارائه می‌کنند را شبیه‌سازی کند. از این‌رو برای رفتار عامل، سه سطح مختلف با مجموعه‌ای از راهبردها در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱ – حالات تعریف شده برای عامل هوش مصنوعی

حالت	راهبردها
ساده	<ul style="list-style-type: none"> <li>- عامل هوش مصنوعی حملات منظمی در محدوده حمله انجام می‌دهد و تمامی حملات پایه‌ای و آسان هستند.</li> <li>- زمانی که برج‌های متحدان مورد حمله قرار بگیرد عامل برای دفاع از آن حرکت می‌کند.</li> <li>- عامل هوش مصنوعی برای حمله به دشمن برجی که بیشتر تخریب شده باشد را هدف قرار داده و به آن حمله می‌کند.</li> <li>- هنگامی که سلامتی عامل به خطر می‌افتد می‌تواند به ساختمانی در پایگاه بازگشته و بهبود یابد.</li> <li>- این حالت برای افراد مبتدی بوده و از توانایی‌های خاص قهرمان‌ها استفاده نمی‌کنند.</li> </ul>
عادی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تمامی راهبردهای حالت آسان را شامل می‌شود.</li> <li>- آیتم‌هایی جهت پیشرفت صفات قهرمان وجود دارد مانند قدرت، سرعت، هوش و غیره.</li> <li>- در صورت کاهش میزان سلامتی، عامل می‌تواند از آیتم‌هایی چون معجون سلامت استفاده کند یا به پایگاه عقب‌نشینی کند.</li> <li>- این حالت برای افرادی تعبیه شده است که تجربه نیستند ولی می‌توانند تعدادی از عملکردها را به کار ببندند.</li> </ul>
دشوار	<ul style="list-style-type: none"> <li>- شامل تمامی راهبردهای دو حالت ساده و عادی است.</li> <li>- عامل امکان دست‌کاری آیتم‌ها را داشته و یادگیری استفاده از حملات ترکیبی را شروع می‌کند.</li> <li>- عامل علاوه بر حملات پایه‌ای حملات ترکیبی برای حمله و یا دفاع در اختیار دارد.</li> <li>- این حالت برای یادگیرنده‌های سریع و بازیکنان خبره در نظر گرفته شده است.</li> </ul>

در پروسه تخمین مهارت با استفاده از ویژگی‌های به دست آمده از آزمایش انجام شده بر روی بازی دوتا و عدم امکان استفاده تکی از این ویژگی‌ها، نویسندگان مقاله [19] آن‌ها را در قالب فرمول‌هایی ارائه کرده‌اند که توسط آن‌ها اختلاف مهارت بازیکن در دو زمان پی‌درپی را محاسبه کرده سپس اختلاف مهارت عامل در همان دو زمان پی‌درپی را به دست می‌آورند. در نهایت، اختلاف مهارت بازیکن و عامل تخمین زده شده و از طریق نتیجه به دست آمده میزان تعدیل و یا نیاز به افزایش یا کاهش دشواری بازی مشخص می‌شود.

### ۳-۲- چارچوبی از تطبیق سختی چندنفره پویا

طی مقاله ارائه شده در سال ۲۰۱۳ توسط بالدوین و همکاران [16] به جهت آنکه تطبیق سختی پویا برای بازی‌های تک‌نفره مناسب است، چارچوبی برای بازی‌های ویدئویی چندنفره رقابتی ارائه شده است. این چارچوب شامل هفت مؤلفه و هر مؤلفه دارای چند ویژگی است که در هر نمونه از این چارچوب تنها یک ویژگی از هر مؤلفه استفاده می‌شود. این چارچوب که با عنوان چارچوب تطبیق سختی چندنفره پویا<sup>۱۳</sup> مطرح می‌شود روش‌های موجود برای تعدیل بازی‌های چندنفره را تعیین و دسته‌بندی می‌کند. در نمونه‌ها یافت شده از چارچوب تطبیق سختی چندنفره پویا سه عنصر کلیدی در نظر گرفته شد که عبارت‌اند از: ۱. ماشه برای فعال‌سازی<sup>۱۴</sup>، ۲. قوانین تحت تأثیر قرار گرفته، ۳. دامنه اثرات<sup>۱۵</sup>. سپس این عناصر هر کدام به مؤلفه‌های خاص‌تری شکسته شدند و در قالب چارچوبی با هفت مؤلفه توسط نویسندگان ارائه شد. با بررسی‌های بالدوین و همکاران [16] از نمونه‌های

<sup>13</sup> MDDA: Multiplayer Dynamic Difficulty Adjustment

<sup>14</sup> Trigger for Action

<sup>15</sup> Scope of the Effects



این چارچوب مشخص شده است که این نمونه‌ها برخلاف روش‌های تطبیق سختی پویا در بازی‌های تک‌نفره، بیشتر بر روی مشخصات آواتار مانند قابلیت، جهت‌یابی و منابع تأثیر می‌گذارد. پس از طرح چارچوب یادشده، بالدوین و همکاران به بررسی متغیر دیگری در این چارچوب پرداخته‌اند که با مطرح کردن آن می‌توان تغییراتی در نتایج بازی‌ها به دست آورد. متغیری که در مقاله [17] مطرح شده عبارت است از: آگاهی بازیکنان تازه‌کار و خبره از حضور این چارچوب در بازی به جهت تعدیل بازی. جدول ۲ خلاصه‌ای از نتایج به‌دست‌آمده مربوط به تجربه بازیکنان است.

جدول ۲- نتایج اطلاع یا عدم اطلاع بازیکنان از حضور چارچوب تطبیق سختی چندنفره پویا در بازی

حالت	بازیکنان	نتایج
عدم اطلاع بازیکنان از حضور چارچوب تطبیق سختی چندنفره پویا در بازی	تازه‌کار	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تجربه رقابت و وابستگی یکسان در مقایسه با حالت عدم وجود پروسه تطبیق</li> <li>- تجربه خودمختاری بیشتر در مقایسه با حالت عدم وجود پروسه تطبیق</li> <li>- تجربه حضور بیشتر در بازی در مقایسه با حالت عدم وجود پروسه تطبیق</li> </ul>
	خبره	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تجربه خودمختاری، وابستگی و حضور در بازی یکسان با حالت عدم وجود پروسه تطبیق</li> <li>- تجربه رقابتی کمتر در مقایسه با حالت عدم وجود پروسه تطبیق</li> </ul>
	تازه‌کار	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تجربه رقابت بهتر</li> <li>- تجربه حضور یکسان</li> <li>- تجربه خودمختاری و وابستگی کمتر</li> </ul>
اطلاع بازیکنان از حضور چارچوب تطبیق سختی چندنفره پویا در بازی	تازه‌کار	
	خبره	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تجربه رقابت، وابستگی و حضور در بازی به‌صورت یکسان</li> <li>- تجربه خودمختاری کمتر</li> </ul>

نتایج این بررسی نشان داده است که این چارچوب باعث بهبود توانایی‌های بازیکنان در رقابت‌ها و کاهش اختلاف مهارت بازیکنان می‌شود. با این حال، آگاهی از وجود چنین چارچوبی باعث کاهش تأثیرگذاری آن می‌شود. درواقع از نتایج این آزمایش [17] و گفته‌های آندره و همکاران [10] نتیجه می‌شود که در هر دو فن تطبیق سختی پویا و چارچوب تطبیق سختی چندنفره پویا، بازیکنان نباید از پروسه تعدیل در بازی اطلاع داشته باشند. البته بالدوین و همکاران طی مقاله‌ای دیگری در سال ۲۰۱۶ مؤلفه هشیاری یا آگاهی را به‌صورت بهتر و با ارائه ماتریس آگاهی جایگزین یکی از مؤلفه‌های قبلی به نام قابلیت رؤیت کردند و با این اصلاح به این چارچوب قوت بیشتری بخشیدند [18].

### ۳-۳- فعال‌سازی تطبیق پویای سختی از طریق الکترومغزنگاری<sup>۱۶</sup> برای بازی‌های چندنفره

در بررسی‌های انجام‌شده توسط استاین و همکاران [19] مبنی بر اهمیت زمان فعال‌سازی پروسه تطبیق، چهار حالت از یک سبک بازی تیراندازی سوم شخص چندنفره متن‌باز توسط تعدادی شرکت‌کننده اجرا شد که در آن فعال‌سازی این پروسه به دو روش ابتکاری و الکترومغزنگاری اجرا شد و نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن بوده است که استفاده از این فن در مقایسه با روش‌های ابتکاری برای فعال‌سازی پروسه تطبیق می‌تواند بهتر عمل کند. در این آزمایش ابتدا حالات اصلاح با استفاده از مؤلفه مسافت بین بازیکنان در این سبک بازی توسط مؤلفان طبقه‌بندی شده است به‌طوری‌که در مسافت کوتاه برای بازیکنان خبره حالت سنگین و برای بازیکنان تازه‌کار حالت نامرئی فعال شود، همچنین در مسافت طولانی برای بازیکنان خبره حالت برج متحرک و برای بازیکنان تازه‌کار حالت آشفته فعال می‌شود. علاوه بر آن، الگوریتمی تحت عنوان الگوریتم روش‌های

<sup>16</sup> Electroencephalography



تطبیق پویای سختی نیز ارائه شده است. برای انجام کار علاوه بر روش ابتکاری، از همدست الکترومغزنگاری<sup>۱۷</sup> بر روی شرکت‌کنندگان در آزمایش که قبلاً تجربه‌ای از آن نداشتند استفاده شده است.

### ۳-۳- تنظیم پویای دشواری بازی اتومبیل‌رانی چندمنفره بر اساس الگوریتم یادگیری تقویتی

طی آزمایش انجام‌شده توسط پیربائی و همکاران [20] از روش یادگیری تقویتی برای عامل هوش مصنوعی در یک بازی چندمنفره جهت فراهم آوردن جذابیت مورد آزمایش واقع‌شده و نتایج نشان دادند استفاده از این روش در مقایسه با حالت عدم حضور تطبیق سختی پویا برای ارائه تجربه بازی مناسب به بازیکنان با سطوح توانایی‌های متفاوت مفید واقع‌شده است. کلیت روند بازی، اعمال پروسه تطبیق و روش‌های تطبیق عامل هوش مصنوعی در جدول ۳ خلاصه شده است.

جدول ۳- نحوه اعمال پروسه تطبیق و روش‌های تطبیق عامل هوش مصنوعی در بازی اتومبیل‌رانی چندمنفره

روند بازی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- رقابت بازیکنان انسانی با عامل‌های هوش مصنوعی در پیست مسابقه</li> <li>- ثبت اطلاعات در روند بازی (جایگاه بازیکن در مسابقه، زمان سپری‌شده، تعداد برخوردهای فیزیکی)</li> </ul>
نحوه اعمال تطبیق سختی پویا	<ul style="list-style-type: none"> <li>- امکان دسترسی عامل هوش مصنوعی به اطلاعات بازیکن از جمله تعداد برخوردهای فیزیکی و رتبه</li> <li>- تعریف میانگین با مقدار ۱۵</li> <li>- ارائه الگوریتم برای تعدیل بازی از طریق سه حالت</li> </ul>
روش‌های تطبیق عامل هوش مصنوعی با مهارت بازیکنان (پس از مقایسه مهارت بازیکن با میانگین تعیین‌شده)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- جهت تعدیل بازی از طریق افزایش سختی: بالا بردن توان اتومبیل‌های عامل و کم کردن فاصله اتومبیل عامل و بازیکن</li> <li>- جهت تعدیل بازی از طریق کاهش سختی: کم کردن سرعت یا زیاد کردن تعداد دنده‌های اتومبیل عامل</li> </ul>

### ۳-۴- تطبیق سختی پویا برای عامل هوش مصنوعی بر اساس منطق فازی

یکی از بررسی‌های موجود در زمینه فراهم آوردن تطبیق پویا در بازی‌ها، اعمال تغییراتی برای عامل هوش مصنوعی است که در بخش‌های قبلی به نمونه‌ای از آن‌ها اشاره شد. البته روش دیگری از اعمال تغییرات بر پایه منطق فازی توسط پراتاما و همکاران [21] مطرح‌شده است که با استفاده از سه مؤلفه و تعدادی فرمول ارائه‌شده، مهارت بازیکن تخمین زده می‌شود. علاوه بر آن ۴ حالت ایستا برای عامل هوش مصنوعی وجود دارد که عبارت‌اند از: آسان، عادی، دشوار و غیرمنصفانه. در آزمایش انجام‌شده روی بازی دوتا ۲<sup>۱۸</sup> که یک بازی سبک میدان نبرد چندمنفره برخط و بسیار پرطرفدار است، حالات بازیکنان در هر لحظه ثبت شده و ۴ سطح امتیازی در نظر گرفته شده است. مقایسه دو حالت ایستا و پویای عامل هوش مصنوعی در جدول ۴ خلاصه شده است.

جدول ۴- مقایسه حالت ایستا و پویای عامل هوش مصنوعی برای بازیکنان با مهارت مختلف

حالت ایستا	بازیکنان باتجربه	آسان	جذاب نیست.
		غیرمنصفانه	چالش برانگیز و جذاب است.
	بازیکنان بی‌تجربه	آسان	راحت بوده و می‌تواند با این عامل رقابت کند.

<sup>17</sup> EPOC

<sup>18</sup> DotA 2: Defense of the Ancients 2





# سومین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی

## «بازی‌های رایانه‌ای؛ فرصت‌ها و چالش‌ها»

بهمن‌ماه ۱۳۹۶ – دانشگاه اصفهان

	غیرمنصفانه	نمی‌توانند با آن رقابت کنند و شکست می‌خورند.
حالت پویا	بازیکنان باتجربه	بهتر عمل می‌کند و با تطبیق دشواری، بازیکن را به چالش می‌کشد.
	بازیکنان بی‌تجربه	امکان تجربه بالاترین دشواری را به آن‌ها داده و می‌تواند کاملاً تطبیق پیدا کند.

### ۴- تحلیل و بررسی روش‌های اجرای تطبیق سختی پویا

در این مقاله سعی بر آن داشته‌ایم روش‌های مختلف ارائه‌شده حول بازی‌های چندنفره باهدف تطبیق و تعدیل بازی‌ها جهت افزایش سرگرمی و جذابیت در این سبک بازی‌ها را به‌صورت جدولی کاربردی برای طراحان در راستای طراحی و بهبود بازی‌های چندنفره فراهم آوریم. در جدول ۵، ارائه روشی مناسب، مقایسه حالات مختلف و نظرات شرکت‌کنندگان درباره جذابیت و سطح سرگرمی بازی‌ها ازجمله اهداف تحقیقات گذشته بوده که با سبک بازی‌های مورد مطالعه در یک ستون ادغام‌شده‌اند. از طرفی مشخص کردن ابزارهای متفاوت، شیوه‌های انجام تحقیقات و تئوری‌های موجود در تحقیق در دو ستون به‌صورت خلاصه درج‌شده‌اند. علاوه بر آن، این مورد که داده‌های به‌دست‌آمده در چه جنبه‌ها و قالب‌هایی بررسی و ارائه شدند حائز اهمیت بوده و نشانگر موارد ارائه‌شده توسط مؤلفان است توانسته ستونی از این جدول را به خود اختصاص دهد. در آخرین ستون نیز نتایج به‌دست‌آمده برای تحقیقات و دستیابی به اهداف و دیگر موارد پیش‌بینی‌نشده مطرح گردیده است.

جدول ۵- تحلیل و طبقه‌بندی روش‌های اجرای تطبیق سختی پویا در بازی‌های چندنفره

مقاله	هدف و سبک بازی مورد مطالعه	ابزار، روش و نمونه موردی	خلاصه تئوری‌ها	مدل‌ها، گراف‌ها و جداول بصری	نتایج
[14]	افزایش سرگرمی از طریق تطبیق رقابت ارائه‌شده در بازی با مهارت بازیکن در بازی‌های سبک میدان نبرد چندنفره برخلاف اصلاحی از بازی‌های راهبردی بی‌درنگ هستند	بازی DotA با تعدادی انطباق (کاهش قهرمانان به ۱۰ عدد و عدم امکان انتخاب تصادفی قهرمان مگر برای عامل هوش مصنوعی، کاهش حالات به ۹ عدد) جهت آزمایش مورد استفاده قرار گرفته است.	تعیین سطوح برای رفتار عامل هوش مصنوعی، ارائه فرمول برای محاسبه مهارت بازیکن/عامل، ارائه فرمول برای محاسبه اختلاف مهارت بازیکن/عامل، ارائه فرمول برای محاسبه اختلاف مهارت بازیکن و عامل	جدول سطوح برای عامل، بردار تخمین سختی	۸۵٪ موفقیت‌آمیز، ۱۰٪ بسیار متفاوت و کند، ۵٪ زیادی سریع و عدم امکان تخمین درست سختی توسط بازی. ولی نتایج همان‌طور که انتظار می‌رفت مانع از خستگی و اضطراب بازیکنان شد.
[15]	ارائه روشی از تطبیق سختی پویا برای بازی‌های چندنفره سبک رقابتی که تطبیق سختی پویا برای اعمال بر روی آن‌ها مناسب نیست، بررسی تأثیر مثبت آن بر روی تجربه بازی	انتخاب ۱۸۰ بازی از سه سبک دارای بیشترین حالت رقابتی (تیراندازی، اول شخص، مسابقه‌ای، مبارزه‌ای) و نقد و بررسی از Metacritic، اجرای بررسی‌های کیفی و اندازه‌گیری‌های بیومتریک	بررسی نمونه‌های یافت شده، به دست آوردن عناصر کلیدی برای نمونه‌های بررسی‌شده، ارائه ۷ مؤلفه که هر یک دارای ویژگی‌هایی است، ارائه چارچوبی برای تعدیل بازی‌های چندنفره رقابتی	جدول چارچوب تطبیق سختی چندنفره پویا	چارچوب تطبیق سختی چندنفره پویا با ۷ مؤلفه ارائه شد که تأثیر مستقیم بر روی مشخصات آواتار چون قابلیت، جهت‌یابی و منابع دارد که نتایج آن متفاوت و در تضاد با تطبیق سختی پویا است.



# سومین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی

## «بازی‌های رایانه‌ای؛ فرصت‌ها و چالش‌ها»

بهمن‌ماه ۱۳۹۶ – دانشگاه اصفهان

[16]	بررسی تأثیر آگاهی از چارچوب تطبیق سختی چندنفره پویا بر تجربه بازیکنان در بازی سبک تیراندازی اول شخص چندنفره	۳ حالت از بازی Unreal Tournament III: که روی شبکه محلی و با ۶۲ شرکت‌کننده انجام شد و انجام نظرسنجی PENS شامل ۷ سؤال و اندازه‌گیری بیومتریک	مقایسه نتایج دو مرحله اطلاع و عدم اطلاع بازیکنان از حضور تطبیق سختی در بازی با نتایج عدم حضور پروسه تطبیق در بازی، ثبت فعالیت الکترودرمی (EDA) در هر سه حالت و نیاز به کالیبره کردن بازی با توجه به آستانه هیجان متفاوت بازیکنان	ارائه نمودار از رفتار بازیکنان و انحراف آن‌ها و نمودار اندازه‌گیری‌های بیومتریک در هر ۳ حالت بازی، جدول طبقه‌بندی نتایج دو حالت، ماتریس آگاهی	آگاهی از وجود چنین چارچوبی باعث کاهش تأثیرگذاری آن می‌شود و/یا می‌تواند تنها برای بازیکنان خبره مفید واقع شود
[17]	استفاده از اولویت‌ها و دیدگاه بازیکنان و بازخورد آن‌ها جهت اصلاح چارچوب ارائه‌شده، بررسی تأثیر این اصلاح بر تجربه بازیکنان تازه‌کار و خبره در سبک تیراندازی اول شخص چندنفره	نظرسنجی آنلاین از ۱۵۴ نفر، انجام مصاحبه با ۱۵ نفر که ۱۱ نفر آن‌ها دانشجویان دانشگاه فناوری کوئینزلند بودند. البته شرکت‌کنندگان در این پژوهش بازی‌های چندنفره رقابتی با میانگین ۹ ساعت و ۹۶ دقیقه در هفته انجام دادند.	طرح ۳ ویژگی از طرف شرکت‌کنندگان: کنترل بازیکن، سود فردی، آگاهی بازیکن، اصلاح چارچوب با تغییر مؤلفه قابلیت رؤیت به آگاهی	ارائه نمودارهایی از تأثیرات هر یک از مؤلفه‌های این چارچوب بر تجربه بازیکنان تازه‌کار و خبره، ارائه ماتریس مؤلفه آگاهی	با توجه به دیدگاه بازیکنان که تمایل دارند از وجود چنین چارچوبی آگاهی داشته باشند مؤلفه آگاهی جایگزین و البته نوع صحیح آگاهی در نظر گرفته شد. این اصلاح چارچوب باعث قوت چارچوب می‌شود
[18]	مقایسه پروسه تطبیق در ۳ حالت: فعال‌سازی از طریق الکترومغزنگاری، فعال‌سازی از طریق روش‌های ابتکاری، حالت بدون تطبیق پویای سختی، بدون آگاهی شرکت‌کنندگان از وجود تفاوت بین حالات در تیراندازی سوم شخص چندنفره، بررسی هر حالت جهت به دست آوردن بیشترین میزان هیجان با توجه به نحوه فعال‌سازی پروسه	استفاده از بازی سبک تیراندازی سوم شخص چندنفره متن‌باز Boot Camp و انجام ۲ سری آزمایشات، شرکت‌کنندگان آزمایش اول ۸ نفر و آزمایش دوم ۲۴ نفر، استفاده از پرسشنامه و آزمون تحلیل واریانس، استفاده از هدست جهت الکترومغزنگاری و اندازه‌گیری اضطراب و هیجان بازیکنان و کالیبره کردن بازی برای هر بازیکن	آزمایش اولیه برای به دست آوردن میزان اضطراب قبل و بعد از کشته شدن آواتار، در آزمایش دوم شامل ۴ مرحله بود ابتدا بازیکن مرحله اول یعنی یادگیری و کسب تجربه از بازی ارائه‌شده را گذرانده سپس در حالتی که فعال‌سازی از طریق روش ابتکاری انجام می‌شود، در مرحله سوم فعال‌سازی از طریق الکترومغزنگاری صورت پذیرفت و در مرحله آخر بدون حضور تطبیق سختی	ارائه جدول حالات اصلاحی نمودار نتایج ۴ مرحله از آزمایش انجام‌شده، ارائه الگوریتم پروسه تطبیق، مواردی چون هیجان طولانی یا کوتاه‌مدت بازیکنان، مسافت‌ها، لحظه‌های فعال‌سازی تطبیق ثبت و در جداول و نمودارها ارائه شدند	نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند فعال‌سازی پروسه تطبیق از طریق الکترومغزنگاری می‌تواند سطح بالاتری از هیجان را نسبت به حالت ابتکاری و حالت عدم وجود تطبیق برای کاربران به ارمغان بیاورند. همچنین با پرسش‌های انجام‌شده بازیکنان اظهار داشتند سرگرمی در بازی با حضور پروسه تطبیق بیشتر است.
[19]	بررسی تطبیق سختی پویا از طریق روش یادگیری تقویتی با هدف افزایش جذابیت، بررسی و مقایسه دو حالت وجود و عدم وجود تطبیق سختی در سبک بازی مسابقه‌ای چندنفره	بازی Realistic Car Controller (ایجاد امکان چندنفره بودن بازی و مازول تنظیم پویای سختی)، الگوریتم یادگیری کیو، آزمون تی، تعداد ۳۲ شرکت‌کننده، تعیین میانگین، ثبت اطلاعات بازیکنان مانند تعداد برخوردها و رتبه	انجام بازی توسط شرکت‌کنندگان فقط در یکی از حالات (عدم/وجود پروسه تطبیق) و عدم اطلاع از حالتی که در حال بازی با آن هستند، ارائه دو حالت جهت اجرای پروسه تطبیق توسط عامل هوش مصنوعی	نمودار برخوردهای فیزیکی، الگوریتم نحوه تغییر پارامتر هوشمند	بدون پروسه تطبیق، نتیجه و میانگین تفاوت بسیاری باهم داشتند ولی در حضور پروسه، نتیجه نزدیک به میانگین تعیین شده است. نتایج نشان‌دهنده افزایش جذابیت از طریق روش یادشده است





این روش می‌تواند در تولید بازی‌های پویا به طراحان کمک کرده و تجربه بازی بهتری ارائه دهد. مهارت بازیکنان بی- تجربه به حالت متعادل دست‌یافته و بازیکنان باتجربه را در حالتی آسوده قرار می‌دهد.	جدول طبقه‌بندی رفتار عامل در هر ۴ حالت، جداول تخمین مهارت بازیکن از طریق قوانین فازی، نمودارهای بازیکنان با عامل در دو حالت ایستا و پویا	مرحله اول منطق فازی با دو روش تخمین مهارت بازیکن، مرحله دوم برای نتیجه کلی برای بازیکن و دسته‌بندی بر طبق مهارت و ارائه ۱۲ فرمول، ۴ سطح ایستا برای عامل هوش مصنوعی	بازی دوتا ۲ و اعمال اسکرپیت با زبان برنامه‌نویسی لوآ برای عامل هوش مصنوعی، جمع‌آوری داده‌های ۱۰۰ بازی انجام‌شده دوتا ۲ توسط شرکت‌کنندگان برای مقایسه با داده‌های به‌دست‌آمده، استفاده از دو مرحله منطق فازی	تطبیق سختی پویا در سبک بازی میدان نبرد چندنفره برخط از طریق منطق فازی برای عامل هوش مصنوعی، مقایسه دو حالت ایستا و پویا در عامل هوش مصنوعی با توجه به بازیکنان باتجربه و بی‌تجربه
--	--	--	---	---

[20]

## ۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

تحلیل‌های انجام‌شده حاکی از آن است که روش‌های مختلفی جهت رسیدن به حالتی مناسب از سختی بازی مطرح و بررسی شده‌اند که هر کدام به‌نوبه خود و در جایگاه خود می‌توانند حائز اهمیت باشند، اما نکته بارز اینجا است که در بیشتر مقالات مؤلفه دیگری در کنار جذابیت همراه است و همیشه آن را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد که آن مؤلفه آگاهی است. از طرفی بررسی این موضوع در بازی‌های چندنفره و در نظر گرفتن اینکه بازیکنان انسانی در تعامل هستند، پروسه تطبیق را پیچیده‌تر و مؤلفه‌های انسانی را درگیر موضوع می‌کند. تحلیل نشان می‌دهد بررسی‌های نویسندگان مقالات در زمینه تطبیق دشواری پویا در بازی‌های چندنفره اکثراً دو حالت وجود و عدم وجود پروسه تطبیق را نیز مورد مقایسه قرار داده‌اند. نهایتاً نتیجه می‌شود که تحت عنوان پروسه تطبیق دشواری پویا در سبک بازی‌های چندنفره، می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد و با توجه به ماهیت این بازی‌ها بایستی عوامل انسانی و مزایای تجاری را نیز موردتوجه و مطالعه قرارداد.

## ۶-مراجع

1. Yannakakis, G. N., & Togelius, J. (2015, September). Experience-driven procedural content generation. In *Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII), 2015 International Conference on* (pp. 519-525). IEEE.
2. Hwang, S., Schneider, A. L. J., Clarke, D., Macintosh, A., Switzer, L., Fehlings, D., & Graham, T. C. (2017, June). How Game Balancing Affects Play: Player Adaptation in an Exergame for Children with Cerebral Palsy. In *Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems* (pp. 699-710). ACM.
3. Vicencio-Moreira, R., Mandryk, R. L., & Gutwin, C. (2015, April). Now you can compete with anyone: Balancing players of different skill levels in a first-person shooter game. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2255-2264). ACM.
4. Csikzentmihalyi, M. *Flow, the psychology of optimal experience*. 1990.
5. Csikszentmihalyi, M., & Nakamura, J. (2010). Effortless attention in everyday life: A systematic phenomenology. *Effortless attention: A new perspective in the cognitive science of attention and action*, 179-190.
6. Koster, R. (2013). *Theory of fun for game design*. "O'Reilly Media, Inc."



7. Hunicke, R. (2005, June). *The case for dynamic difficulty adjustment in games*. In *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology* (pp. 429-433). ACM.
8. Bainbridge, W. S. (2009). *Online multiplayer games*. *Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services*, 1(1), 1-113.
9. Worth, N. C., & Book, A. S. (2014). *Personality and behavior in a massively multiplayer online role-playing game*. *Computers in Human Behavior*, 38, 322-330.
10. Andrade, G., Ramalho, G., Santana, H., & Corruble, V. (2005, August). *Extending reinforcement learning to provide dynamic game balancing*. In *Proceedings of the Workshop on Reasoning, Representation, and Learning in Computer Games, 19th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)* (pp. 7-12).
11. Nosrati, M., Karimi, R., & Hariri, M. E. H. D. I. (2013). *General trends in multiplayer online games*. *World Applied Programming*, 3(1), 1-4.
12. Yu, T. W. (2009). *Learning in the virtual world: The pedagogical potentials of massively multiplayer online role playing games*. *International Education Studies*, 2(1), 32.
13. Sourmelis, T., Ioannou, A., & Zaphiris, P. (2017). *Massively Multiplayer Online Role Playing Games (MMORPGs) and the 21st century skills: A comprehensive research review from 2010 to 2016*. *Computers in Human Behavior*, 67, 41-48.
14. Silva, M. P., do Nascimento Silva, V., & Chaimowicz, L. (2017). *Dynamic difficulty adjustment on MOBA games*. *Entertainment Computing*, 18, 103-123.
15. Baldwin, A., Johnson, D., Wyeth, P., & Sweetser, P. (2013, September). *A framework of dynamic difficulty adjustment in competitive multiplayer video games*. In *Games Innovation Conference (IGIC), 2013 IEEE International* (pp. 16-19). IEEE.
16. Baldwin, A., Johnson, D., & Wyeth, P. A. (2014, April). *The effect of multiplayer dynamic difficulty adjustment on the player experience of video games*. In *Proceedings of the extended abstracts of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems* (pp. 1489-1494). ACM.
17. Baldwin, A., Johnson, D., & Wyeth, P. (2016, October). *Crowd-pleaser: Player perspectives of multiplayer dynamic difficulty adjustment in video games*. In *Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play* (pp. 326-337). ACM.
18. Stein, A., Yotam, Y., Puzis, R., Shani, G., & Taieb-Maimon, M. (2017). *EEG-Triggered Dynamic Difficulty Adjustment for Multiplayer Games*. *Entertainment Computing*.
۱۹. پیربابایی، عرفان و ساکیان، حسام و سخاوت، یونس؛ تنظیم پویای دشواری بازی اتومبیلرانی چندنفره بر اساس الگوریتم یادگیری تقویتی، دومین کنفرانس ملی بازی‌های رایانه‌ای؛ فرصت‌ها و چالش‌ها، اصفهان، دانشگاه اصفهان – بنیاد ملی بازی‌های رایانه‌ای، ۱۳۹۵.
20. Pratama, N. P. H., Nugroho, S. M. S., & Yuniarno, E. M. (2016, July). *Fuzzy controller based AI for dynamic difficulty adjustment for defense of the Ancient 2 (DotA2)*. In *Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), 2016 International Seminar on* (pp. 95-100). IEEE.