**استفاده از بازی‌های جدی برای آموزش زبان‌های برنامه‌نویسی**

**فاطمه مرادپور1، محمدرضا محمدنژاد 2، مرتضی دُرّی‌گیو 3،\***

1. **دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی، دانشگاه سمنان**

**fatemeh\_moradpour@semnan.ac.ir**

1. **دانشجوی دکتری هوش مصنوعی، دانشگاه سمنان**

[**mreza.mohammadnejad@semnan.ac.ir**](mailto:mreza.mohammadnejad@semnan.ac.ir)

1. **استادیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان**

[**dorrigiv@semnan.ac.ir**](mailto:dorrigiv@semnan.ac.ir)

چکیده

مهارت برنامه‌نویسی می‌تواند برای هر فردی بسیار جالب و سرگرم‌کننده باشد. به‌دست‌آوردن این مهارت نیاز به تجربه و تمرین دارد و اگر یادگیری برنامه‌نویسی توسط بازی صورت گیرد، می‌تواند علاوه بر جنبه سرگرمی، تجربه و مهارت مخاطبان را نیز ارتقا بخشد. امروزه بازی‌های جدی در زمینه‌های مختلفی از جمله آموزش برنامه‌نویسی ورود پیدا کرده‌اند. همچنین این نوع از بازی‌ها، طیف گسترده‌ای از مخاطبان در همه‌ی سنین را شامل می‌شوند. امروزه یادگیری برنامه‌نویسی، تنها شامل افراد خاصی نمی‌شود و با کمک بازی‌های جدی برنامه‌نویسی، همه‌ی افراد علاقمند می‌توانند این آموزش‌ها را فراگیرند. چالش‌هایی که بازی‌های برنامه‌نویسی در اختیار مخاطبان خود قرار می‌دهند، یکی از بهترین راه‌های افزایش مهارت‌های برنامه‌نویسی می‌باشد. هدف از این مقاله، معرفی و بررسی 19 بازی جدی مبتنی بر برنامه‌نویسی است که مهارت‌های برنامه نویسی را تقویت می‌کنند. سپس، این بازی‌ها طبق معیارهای مقاله مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرند. سرانجام معیارها به عنوان ورودی، توسط درخت تصمیم مدل می‌شوند. درخت تصمیم برای ساخت یک بازی جدی برنامه‌نویسی برای گروهی از مخاطبان ارائه می‌شود که می‌تواند به طراحان بازی جدی در حوزه‌ی برنامه‌نویسی کمک کند.

**کلمات کليدي: بازی‌های جدی، برنامه‌نویسی، بازی‌های آموزشی، بازی‌های ویدوئی**

**1-مقدمه**

در سال‌های اخیر، بازی‌های جدی، که در آن نوعی دانش از طریق بازی رایانه‌ای حاصل می‌شود، مورد توجه چشمگیری قرار گرفته‌اند و حرکت به سمت چنین بازی‌هایی روزافزون شده است [1]. بازی‌های جدی، به عنوان بازی‌هایی معرفی می‌شوند که برای یک هدف اصلی غیر از سرگرمی طراحی‌شده و در حوزه‌های گسترده‌ای کاربرد پیدا نموده‌اند [2].

بازی‌های جدی جزو اکوسیستم فعلی یادگیری الکترونیکی شمرده شده و پذیرش و تأثیر بیشتری در بین مخاطبان خود دارند. توسعه بازی‌های جدی کمی متفاوت از بازی‌های سرگرمی است. این بازی‌ها، اغلب برای گروهی از مخاطبان خاص طراحی می‌شوند [3].

برنامه‌نویسی جزء لاینفکی از توسعه سیستم‌های رایانه‌ای بوده که در نتیجه آن، نیاز به آموزش برنامه‌نویسان به طور گسترده‌ای بیش از پیش احساس می‌شود. یادگیری برنامه‌نویسی بدون راهنمایی و روش صحیح آموزش آن، کار سختی است. در نتیجه، دانش‌آموزان اغلب در درک اساسی‌ترین مفاهیم برنامه‌نویسی با مشکل روبرو می‌شوند و این موضوع منجر به سردرگمی و ناامیدی آن‌ها می‌شود. بازی‌های جدی که برای یادگیری زبان‌های برنامه‌نویسی طراحی شده‌اند، می‌توانند مشکلات دانش‌آموزان را کاهش داده و همچنین بر انگیزه آن‌ها در امر یادگیری موثر واقع شوند [4].

در این پژوهش، 19 بازی جدی که مناسب یادگیری زبان برنامه‌نویسی می‌باشد، از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این بازی‌ها مطابق معیارهای این پژوهش که شامل مخاطب، گیم‌پلی، پلتفرم و زبان برنامه‌نویسی بازی است، انتخاب گردیده و سپس مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. مخاطبان بازی‌های جدی برنامه‌نویسی، در گروه‌های مختلفی دسته‌بندی می‌شوند. از این رو، ارائه‌ی مدلی که به سازندگان بازی‌های جدی برنامه‌نویسی کمک کند تا با توجه به زبان آموزش برنامه‌نویسی محبوب، پلتفرم رایج‌تر و فضای بازی مناسب‌تر برای هر گروه از مخاطبان، اقدام به ساخت بازی کنند؛ هدفی است که این تحقیق به دنبال آن ‌است.

ساختار مقاله به این شرح است: بخش دوم، به مروری بر تحقیقاتی که بر روی بازی‌های جدی برنامه‌نویسی انجام گرفته‌اند، اختصاص یافته است. همچنین روش کار و معیار‌های تحقیق در بخش سوم شرح داده ‌شده ‌است. در بخش چهارم به معرفی بازی‌ها پرداخته شده و بخش پنجم مربوط به ارزیابی نتایج کار می‌باشد. در نهایت در بخش ششم، نتیجه­گیری کار ارائه خواهد شد.

**2-پیشینه تحقیق**

با وجود آنکه می‌توان پژوهش‌هایی را پیدا نمود که تأثیرات احتمالی بازی‌های رایانه‌ای و بازی‌های جدی بر روی گروهی از کاربران انجام داده‌اند [5]، ولی تحقیقات کمی وجود دارد که بر بازی‌های جدی برنامه‌نویسی، محتوا و اثرات آن تمرکز کرده باشند. در این بین، تنها پژوهش‌های مرتبطی که توسط نگارندگان این مقاله یافت شده است شامل [6]، [7] و [8] بوده که در ادامه به شرح مختصر آن‌ها پرداخته شده است.

در پژوهشی که توسط Vahldick و همکاران صورت گرفته است [6]، 40 بازی مربوط به موضوعات و مهارت‌های دوره برنامه‌نویسی مقدماتی بر اساس نوع (مبتنی بر لوگو، ماجراجویی، عمومی)، پلتفرم (ویندوز، لینوکس، اندروید، iOS و وب)، زبان آموزش بازی (جاوا، جاوا اسکریپت، C، C++، C# و سایر موارد) و همچنین موضوع (شامل برخی از دستورالعمل‌های برنامه درسی علوم کامپیوتر ACM 2013) را طبقه‌بندی می‌کنند. در پژوهش دیگری که توسط Miljanovic و همکاران انجام شده‌است [7]، ادبیات بازی جدی در حوزه برنامه‌نویسی مرور شده و محتوای آموزشی 49 بازی جدی در برنامه‌نویسی را با توجه به اصول برنامه‌نویسی اختصاص داده شده در دستورالعمل‌های برنامه درسی علوم کامپیوتر ACM 2013، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در نهایت، Santos و همکاران در پژوهش خود [8]، عناصر بازی‌های جدی در حوزه برنامه‌نویسی را شناسایی نموده و روش‌های استفاده شده برای ارزیابی این عناصر را مورد بحث و تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند.

همان‌طور که مشخص است، پژوهش‌های پیشین عمدتاً از دیدگاه انطباق با سرفصل‌های دروس این بازی‌ها را بررسی نموده و طراحان بازی را در نظر نگرفته‌اند. از این رو، در این تحقیق، بازی‌های جدی در حوزه برنامه‌نویسی شناسایی و انتخاب شده و سپس بازی‌های انتخاب شده، با مطابق با معیارهایی که در بخش سوم مقاله شرح داده شده‌اند، طبقه‌بندی می‌شود. همچنین کاربران این بازی‌ها، به چهار گروه مجزا تقسیم می‌شوند. تمرکز این مقاله، بر معرفی این بازی‌ها و در نهایت ارایه مدلی توسط درخت تصمیم، برای ساخت یک بازی جدی برنامه‌نویسی با توجه به معیارهای طبقه‌بندی برای هر گروه از مخاطبان می‌باشد.

**3-روش تحقیق**

در این مقاله، بازی‌های جدی برنامه‎‌نویسی از جنبه‌های مختلف مورد بحث قرارگرفته ‌است که در این بخش معرفی می‌شود. بازی‌های جدی برنامه‌نویسی انتخاب شده در جدول 1 نشان داده شده است.

**جدول 1: نام بازی‌های جدی در حوزه برنامه‌نویسی**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **آدرس ارائه شده** | **نام بازی** | **آدرس ارائه شده** | **نام بازی** |
| www.alice.org | Alice | [www.maysjourney.com](http://www.maysjourney.com) | May’s Journey |
| www.javascript.com | JavaScript.com | [www.codingame.com](http://www.codingame.com) | CodinGame |
| www.toontalk.com | ToonTalk | www.helpgidget.org | Gidget |
| www.codemonkey.com | CodeMonkey | [www.code.org/minecraft](http://www.code.org/minecraft) | Hour of Code Minecraft |
| www.leekwars.com | Leek Wars | www.lightbot.com | LightBot |
| [www.tomorrowcorporation.com/humanresourcemachine](http://www.tomorrowcorporation.com/humanresourcemachine) | Human Resource Machine | [www.github.com/microsoft/Code-Hunt](http://www.github.com/microsoft/Code-Hunt) | Code Hunt |
| www.robocode.sourceforge.io | Robocode | [www.github.com/sqrlab/RobotON](http://www.github.com/sqrlab/RobotON) | Robot ON |
| www.screeps.com | Screeps | www.codecombat.com | Code Combat |
| www.bloc.io/ruby-warrior# | Ruby Warrior | [www.steveflames.ga/javant-garde](http://www.steveflames.ga/javant-garde) | jAVANT-GARDE |
|  |  | www.codewars.com | Codewars |

**3-1-معیارهای شناسایی و انتخاب**

در این کار پژوهشی، برای انتخاب بازی‌های جدی در حوزه برنامه‌نویسی از معیارهای مختلفی استفاده شده است. در [7]، 49 بازی جدی در حوزه‌ی برنامه‌نویسی با توجه به محتوای بازی‌ها بررسی شده ‌است. چهارده بازی از [7] و باقی بازی‌ها با توجه به معیارهای زیر انتخاب شده و سپس ارزیابی می‌شوند. عبارت مورد جست‌وجو برای یافتن بازی‌ها «بازی‌های جدی برنامه‌نویسی[[1]](#footnote-1)» بود. تمام بازی‌های جدی در حوزه برنامه‌نویسی که توسط این پژوهش گزینش شده‌اند، دو معیار انتخاب زیر را برآورده می‌کنند:

1. **برخط[[2]](#footnote-2) و در دسترس بودن:** تمام بازی‌های جدی در حوزه برنامه‌نویسی که در این تحقیق ذکر شده‌اند، در زمان انجام تحقیق در وب‌سایت‌ها و فروشگاه‌های بازی برخط وجود دارند. در دسترس‌ بودن این بازی‌ها، معیار مهمی برای انتخاب آن بازی است. همچنین برای بازی‌هایی که در دسترس نبوده‌اند، امکان استخراج مقادیر برای ویژگی‌های مورد بررسی در این پژوهش، امکان‌پذیر نبوده است.
2. **طراحی و ساخت فضای بازی:** معیار دوم این پژوهش برای انتخاب بازی‌ها، طراحی مناسبی از فضای بازی بود. هر بازی یک یا چند زبان برنامه‌نویسی را به مخاطبان خود آموزش می‌دهد. برخی از بازیکنان می‌خواهند برای اولین بار یک زبان برنامه‌نویسی را یاد بگیرند. بنابراین، اگر فضای بازی به درستی طراحی نشده‌ باشد و بازیکن نتواند با محیط، عناصر و داستان بازی ارتباط برقرار کند و یا به دلیل پیچیدگی بالای مراحل ابتدای بازی، دچار سردرگمی شود، ممکن است بر انگیزه یادگیری بازیکن تأثیر منفی بگذارد.

**3-2- معیارهای طبقه‌بندی**

معیارهای زیر جهت طبقه‌بندی بازی‌های مورد استفاده قرار گرفت و نتایج این معیارها بر روی بازی‌ها در بخش ارزیابی نشان داده ‌خواهد شد.

1. **مخاطب:** مطابق با [7]، مخاطب هدف که برای بازی‌های جدی برنامه‌نویسی متمرکز شده است، به چهار گروه مجزا تفکیک می‌شوند:
   * کودکان (5-13 سال)
   * دانش‌آموزان دبیرستانی (14-17 سال)
   * افراد با مدرک دانشگاهی (سن 18+، بدون تجربه برنامه‌نویسی)
   * افراد با مدرک دانشگاهی (سن 18+، دارای تجربه برنامه‌نویسی)
2. **گیم‌پلی:** تعریف گیم‌پلی بسیار دشوار است، زیرا موجودیتی وجود ندارد که بتوان به آن اشاره کرد. گیم‌پلی نتیجه‌ی عناصر مفید زیادی است. وجود یا عدم وجود گیم‌پلی را می‌توان با بررسی یک بازی خاص برای علائم و نشانه‌های عناصر آن استنباط کرد [9]. بازیکنان مفهومی ضمنی و صریح از گیم‌پلی دارند و وقتی در مورد گیم‌پلی و تجربیات بازی خود صحبت می‌کنند، همیشه به آنچه که در بازی می‌توانند انجام دهند، اشاره می‌کنند:

* تمام کارهایی که بازیکن می‌تواند در محیط بازی انجام دهد.
* چه کسی و چگونه به اقدامات و تصمیمات بازیکن پاسخ می‌دهد؟

بازیکنان، گاه به هر آنچه که در دنیای مجازی اتفاق می‎افتد، علاقه‌مند هستند. بنابراین، می‌توان گیم‌پلی را به عنوان مجموعه فعالیت‌هایی که بازیکن در طی یک دوره بازی انجام می‌دهد، اتفاقاتی که در دنیای مجازی برای بازیکن به وجود می‌آید و یا پاسخی که سیستم برای عملکرد بازیکن به صورت خودمختار ایجاد می‌کند، تعریف کرد [10]. در نتیجه، گیم‌پلی روشی ویژه برای تعامل بازیکنان با یک محیط بازی، الگویی تعریف شده توسط قوانین بازی و همچنین رابطه بین بازیکن و بازی می‌باشد.

1. **پلت‌فرم:** کاربر برای اینکه بتواند از طریق یک پلت‌فرم بازی را انجام دهد، باید بستر سیستم عامل بازی را داشته‌ باشد. سیستم عامل‌های مورد استفاده در بازی‌های معرفی شده در سه دسته رایانه شخصی (از جمله سه سیستم عامل اصلی ویندوز، مَک و لینوکس)، تلفن‌های هوشمند و مبتنی بر وب قرار می‌گیرند.
2. **زبان برنامه‌نویسی بازی:** هر بازی جدی معرفی‌شده حداقل یک زبان برنامه‌نویسی را در طول بازی به بازیکنان خود می‌آموزد و انتظار می‌رود بازیکن بعد از بازی زبان مورد نظر را یاد بگیرد. البته برخی از بازی‌ها برای آموزش بیش از یک زبان برنامه‌نویسی طراحی شده‌اند.

**3-3-درخت تصمیم**

درخت تصمیم یک روش آماری برای طبقه‌بندی یادگیری نظارت‌شده و به منظور پیش‌بینی یک مدل می‌باشد. درخت‌های تصمیم، یک مدل ساده آماری هستند ( به خصوص اگر کوچک باشند) و از این رو‌، می‌توانند قابلیت تفسیرپذیری خوبی داشته باشند. از طرف دیگر، اگر به آ‌ن‌ها به عنوان یک تکنیک یادگیری نظارت‌شده برای پیش‌بینی نگاه نمود، قابلیت رقابت با بهترین روش‌های موجود را ندارند [11]. بدین منظور، این روش برای اهداف این تحقیق مناسب است.

در اکثر اوقات، هنگامی که پاسخ یک متغیر قطعی است، از درختان تصمیم استفاده می‌شود. در نتیجه، هدف این است که در یک درخت طبقه‌بندی شده، هر مشاهده‌ی متعلق به رایج‌ترین کلاس را پیش‌بینی نمود. همچنین آن‌ها می‌توانند ویژگی‌های کیفی[[3]](#footnote-3) را بدون نیاز به ایجاد متغیرهای ساختگی کنترل کنند. به عبارت دیگر، برخی از ویژگی‌های طبقه‌بندی شده می‌توانند بیش از دو سطح داشته ‌باشند.

در این پژوهش، از الگوریتمC4.5 برای ساختن درخت تصمیم استفاده خواهد شد. این الگوریتم نسل بعدی الگوریتم ID3 است و از نوعی قانون هرس بعدی استفاده می‌کند. در الگوریتم C4.5، فرض بر این است که کل داده‌های آموزشی در داخل حافظه باشند [12].

4- معرفی بازی‌های جدی برنامه‌نویسی

در این بخش، به معرفی بازی‌های جدی انتخاب‌ شده، پرداخته می‌شود.

* **May's Journey:** یک بازی پازل سه‌بعدی برای یادگیری مباحث برنامه‌نویسی است که در آن بازیکنان برای کنترل بازی و درک معماهای پیچیده به تدریج کد را به یک زبان برنامه‌نویسی سفارشی تایپ می‌کنند. از بازیکن خواسته می‌شود که به «May» کمک کند، رمز و راز جهان مجازی را برطرف و آن را حل کند. گیم‌پلی بین دو مرحله متناوب است. مرحله اکتشاف که در آن بازیکنان می‌توانند قدم بزنند، با شخصیت های غیربازیکن (NPC) صحبت کنند، اشیاء را جمع‌آوری کرده و مناطق جدیدی را کشف کنند، و مرحله رمزگذاری که در آن بازیکنان می‌توانند با محیط تعامل داشته باشند [13]. May's Journey در وب منتشر شده است (شکل 1).
* **CodinGame:** یک بازی برخط برای کدنویسی بازی‌های ویدیوئی در زمان واقعی است. برای حل معما، از بازیکن خواسته می‌شود تا ورودی را با یک زبان برنامه‌نویسی وارد کرده و خروجی را در سمت چپ مشاهده کند. CodinGame دارای 26 زبان برنامه‌نویسی، از جمله جاوا[[4]](#footnote-4)، روبی، C #، C ++، Pascal، Perl، PHP، Scala، Python، JavaScript، Lua، Go، Rust و غیره می‌باشد [14, 15]. رابط کاربری گرافیکی CodinGame و ویرایشگر کد آن در شکل 2 نشان داده شده ‌است. CodinGame مبتی بر وب ارائه شده ‌است.
* **Gidget:** یک بازی مبتنی بر وب است (شکل 3) که برای آموزش مفاهیم برنامه‌نویسی برای زبان‌آموزان مبتدی ساخته‌شده‌است. بازیکنان برای به پایان رساندن مأموریت‌های درون بازی، باید به رفع خطا در یک کد موجود به شخصیت درون یازی کمک کنند. بازی از یک زبان برنامه‌نویسی مخصوص بازی و شبیه به پایتون استفاده می‌کند [16].
* **Hour of Code Minecraft :** این بازی، به بازیکنان این امکان را می‌دهد تا با تولید کد، شخصیت بازی را در یک فضای دو بعدی هدایت کنند (شکل 4). در سمت چپ (فضای بازی) به‌صورت بلوک‌های مستطیلی به کار رفته بخشی شامل «جعبه ابزار» و «فضای کاری» در سمت راست برای تولید کد استفاده شود. در نهایت در یک پنجره، کد معادل با JavaScript را می‌توان مشاهده کرد [17]. این بازی برای رایانه شخصی منتشر شده ‌است.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | C:\Users\Fateme\Desktop\Capture.JPG |
| شکل 1: نمایی از بازی May'sJourney | شکل 2: نمایی از بازیCodinGame | شکل 3: نمایی از بازی Gidget | شکل 4: نمایی از بازی Minecraft |

* **LightBot:** یک بازی برنامه‌نویسی در سبک پازل است و ساختار بازی این امکان را به بازیکن می‌دهد که یک رابطه یک به یک با مفاهیم برنامه‌نویسی برقرار کند . شیوه برنامه‌نویسی در LightBot بدین صورت می‌باشد که بازیکن بدون هیچ‌گونه کدنویسی و با استفاده از آیکون‌های آموزشی، به یادگیری مفاهیم برنامه‌نویسی، آزمون و اشکال‌زدایی می‌پردازد [19]. این بازی در رایانه‌های شخصی، تلفن‌های هوشمند و وب منتشر شده است (شکل 5).
* **Code Hunt:** این بازی رایانه‌ای، مهارت‌های برنامه‌نویسی را به روش‌های سرگرم‌کننده آموزش می‌دهد. در ابتدای بازی، بازیکن می‌تواند یکی از زبان‌های برنامه‌نویسی جاوا یا #C را انتخاب کند، و سپس نیاز به اصلاح مشکلات در بخش‌های مختلف نوشتاری کد دارد . این بازی در دو نسخه رایانه‌های شخصی و تلفن‌های هوشمند ارائه شده ‌است (شکل6). **Robot ON:** یک بازی جدی برنامه‌نویسی در سبک پازل است و بیشتر بر چالش‌های حل مسئله و درک محتوا تمرکز دارد. بازیکنان در واقع هیچ برنامه‌ای نمی‌نویسند، بلکه در عوض وظیفه دارند دانش و درک خود را از رفتار برنامه بیان کنند. در هر مرحله، بازیکن باید به درکی از مفاهیم دست پیدا کند تا بتواند مراحل بعدی از بازی را فعال کند [22] (شکل 7). Robot ON برای آموزش زبان برنامه‌نویسی C++ و با استفاده از موتور بازی Unity در C# پیاده‌سازی شده است.
* **Code Combat :** یک پروژه بسیار جامع است و کلیه‌ی دوره‌ها با گرافیک زیبایی از بازی ارائه می‌شوند (شکل 8). Code Combat به سه کاربر مختلف معلمان، دانش‌آموزان و شرکت‌کنندگان ثبت نشده اجازه‌ی آموزش می‌دهد. می‌توان به عنوان معلم، یک کلاس برای دانش‌آموزان خود ایجاد کرد و سطح مهارت برنامه‌نویسی دانش‌آموزان کلاس را در نهایت سنجید [14]. Code Combat مبتنی بر وب است و برای آموزش HTML ، CSS، Bootstrap، Javascript، jQuery و پایتون توسط بازی مناسب است.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| C:\Users\Fateme\Desktop\LightbotExampleScreenShot.png | C:\Users\Fateme\Desktop\Code-Hunt.jpg |  |  |
| شکل 5 : نمایی از بازی LightBot | شکل 6 : نمایی از بازی Code Hunt | شکل 7: نمایی از بازی Robot On | شکل 8: نمایی از بازی Code Combat. |

* **JAVANT-GARDE:** بازی جدی jAVANT-GARDE با هدف معرفی بازیکنان با مفاهیم اساسی برنامه‌نویسی و شی‌گرایی از طریق زبان برنامه‌نویسی جاوا ساخته ‌شده ‎‌است. بازیکن در هر مرحله یک ربات را کنترل می‌کند. بازیکن باید برای غلبه بر موانع و چالش‌ها، آموزش‌ها را درک نموده و در قسمت‌های خواسته‌شده به کار ببرد [4]. این بازی برای رایانه شخصی، تلفن‌های هوشمند و وب منتشر شده است (شکل 9).
* **Codewars:** این بازی، الگویی از مهارت‌های نظامی ژاپنی به نام Kata است و به صورت مجموعه‌ای از داده‌های ورودی و داده‌های خروجی مورد نظر هستند. بازیکن وظیفه دارد تا موارد خواسته‌شده را به زبان برنامه‌نویسی انتخابی خود بنویسد و ورودی داده‌شده را به خروجی مورد نظر تبدیل کند [13]. CodeWars در نسخه وب منتشر شده و از زبان‌های معرفی شده در شکل 10 پشتیبانی می‌کند.
* **Alice:** آلیس (شکل11) یک زبان برنامه‌نویسی شی‌گرا است که همراه با IDE آن ارائه‌شده و برای رایانه‌ی شخصی در دسترس است. آلیس مبتنی بر جاوا است و محیطی سه بعدی ایجاد می‌کند که در آن کاربران به راحتی می‌توانند اشیاء و انیمیشن‌های سه بعدی را با Drag-And-Drop ایجاد کنند [23]. آلیس شبیه به مفاهیم زبان برنامه‌نویسی پایتون و ارتباط نزدیکی با جاوا و بسیاری از زبان‌های برنامه‌نویسی مدرن دارد [23, 24].
* **JavaScript.com:** این وب‌سایت توسط تیم Pluralsight برای جامعه JavaScript ساخته شده‌است. JavaScript یک زبان برنامه‌نویسی مناسب برای آموزش به مبتدیان است. به همین دلیل سعی شده ‌است تا بهترین منابع یادگیری در این بازی جمع‌آوری‌شده و یک دوره JavaScript برای کمک به علاقه‌مندان آموزش داده‌شود . JavaScript.com در پایگاه وب منتشر شده ‌است.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| شکل 9: نمایی از بازی JAVANT | شکل 10: نمایی از بازی Codewars | شکل 11: نمایی از بازی Alice | شکل 12: نمایی از بازی JavaScript.com |

* **ToonTalk :** بازی ToonTalk (شکل13) با این ایده شروع به کارکرد که شاید پویانمایی و فناوری بازی‌های رایانه‌ای باعث شوند یادگیری برنامه‌نویسی آسان‌تر و سرگرم کننده‌تر باشد. در ToonTalk به جای تایپ‌کردن و کد نویسی با استفاده از ابزار‌هایی که بازی در اختیار کاربر قرار می‌دهد، آموزش صورت می‌گیرد. بازیکن از طریق تعامل با محیط بازی و ارتباط یا عناصر آن مفاهیم برنامه‌نویسی و شی‌گرایی را می‌آموزد [26]. این بازی برای رایانه‌های شخصی و وب منتشر شده است.
* **CodeMonkey:** یک بازی جدی (شکل14) برای آموزش برنامه‌نویسی به کودکان است. بازیکن یک میمون را در اطراف صفحه راهنمایی می‌کند تا به او در گرفتن موز کمک کند. اما برنامه فقط مربوط به یادگیری کد و گرفتن موز نیست. این بازی به بچه‌ها كمك می كند تا مهارت‌های حل مسئله، خلاقیت و تفكر را فرا گیرند. همچنین بر روی نسخه‌ی تلفن‌های هوشمند، وب و رایانه شخصی عرضه شده ‌است.
* **Leek Wars:** یک بازی جدی (شکل15) می‌باشد که در آن بازیکن باید رفتاری یک تره‌فرنگی را برنامه‌ریزی کند. هدف از این بازی، نبردی است که در یک باغ میان تعدادی تره‌فرنگی صورت می‌گیرد و بسته به سطح بازیکن و کدی که با زبان جاوا اسکریپت می‌نویسد، تره‌فرنگی او می‌تواند به سلاح‌های بیشتر مجهز و به مرحله بعد صعود کند. این بازی امکان توسعه چندین هوش مصنوعی و انتخاب هر کدام را در هر زمان را فراهم می‌کند. بازیکن می‌تواند قبل از اینکه به باغ برود، هوش مصنوعی خود را در برابر ربات‌ها آزمایش کند . Leek Wars بر روی نسخه‌ی وب و تلفن‌های هوشمند عرضه شده است.
* **Human Resource Machine:** یک بازی جدی برای آموزش برنامه‌نویسی در سبک پازل است (شکل 16). مخاطب در این بازی، کارمند یک اداره می‌باشد و چالش‌هایی در مقابل بازیکن وجود دارد و در صورت حل این موارد، توسط رئیس اداره ارتقاء درجه پیدا خواهدکرد. بازی HRM در دو نسخه‌ی رایانه شخصی و تلفن‌های هوشمند عرضه شده است.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| نتیجه تصویری برای • ToonTalk" | نتیجه تصویری برای • CodeMonkey" | نتیجه تصویری برای • Leek Wars" | نتیجه تصویری برای • Human Resource Machine" |
| شکل 13: نمایی از بازی ToolTalk | شکل 14: نمایی از بازی CodeMonkey | شکل 15: نمایی از بازی Leek Wars | شکل 16: نمایی از بازی HRM |

* **Robocode:** یک بازی جدی مبتنی بر جاوا است که به طور کلی برای آموزش برخی از مفاهیم برنامه‌نویسی جاوا مانند وراثت طراحی شده است (شکل 17). ایجاد ربات جدید در این بازی منجر به کلاس جدید در جاوا می‌شود که از کلاس Robot حاصل می‌شود. شی ربات یک روش اجرا با یک حلقه بی پایان دارد که رفتار پیش فرض برای ربات را توصیف می‌کند . این بازی برای رایانه‌های شخصی ارائه شده است.
* **Screeps:** یک بازی چند نفره در سبک استراتژی است. هر بازیکن می‌تواند مستعمره[[5]](#footnote-5) خود را که در یک دنیای واحد میان همه بازیکنان مشترک است، ایجاد کند. با استفاده از این مستعمره می‌تواند منابع خود را ذخیره کند، واحدهایی بسازد و قلمرو را فتح کند. هرچه قلمرو بیشتری را تسخیر کند، نفوذ بازیکن در دنیای بازی افزایش می‌یابد. Screeps برای افرادی که مهارت برنامه‌نویسی دارند، ساخته شده‌ است (شکل 18). این بازی در نسخه وب و رایانه شخصی عرضه شده ‌است.
* **Ruby Warrior:** این بازی برای آموزش زبان روبی بر روی نسخه‌ی وب منتشر شده است. بازیکن به عنوان یک جنگجو برای رسیدن به یاقوت گرانبهایی تلاش می‌کند. در هر طبقه باید یک اسکریپت روبی را بنویسد تا به سربازان خود دستور دهد با دشمنان نبرد کند، اسیران را نجات دهد و به پله‌ها برسد. آنچه که در هر طبقه اتفاق می‌افتد مشخص نیست و بازیکن با مهارت کدنویسی خود باید راه را پیدا کند. نمایی از این بازی در شکل 19 نشان داده شده ‌است.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| نتیجه تصویری برای • Robocode" | نتیجه تصویری برای • Screeps" | نتیجه تصویری برای • Ruby Warrior" |
| شکل 17: نمایی از بازی Robocode | شکل 18: نمایی از بازی Screeps | شکل19: نمایی از بازی Ruby Warrior |

**5- ارزیابی**

تمام بازی‌های جدی برنامه‌نویسی که در بخش چهارم مورد بحث قرار گرفته است، طبق روش کارشناسی شده در بخش سوم طبقه‌بندی شده‌اند. این معیارهای طبقه‌بندی شامل مخاطب، گیم‌پلی، پلت‌فرم هدف و زبان برنامه‌نویسی آموزش داده شده توسط بازی است.

جدول 2 موجود در پیوست، بازی‌های جدی برنامه‌نویسی را با توجه به معیار مخاطب و پلت‌فرم هدف[[6]](#footnote-6)، طبقه‌بندی کرده است. 13 بازی دارای نسخه‌ی مبتنی بر وب، 10 بازی بر روی کامپیوتر و 6 بازی بر روی تلفن‌های هوشمند ارائه شده‌اند (البته برخی از بازی‌ها مانند LightBot، jAVANT-GARDE و CodeMonkey در چند نسخه ارائه شده‌اند).

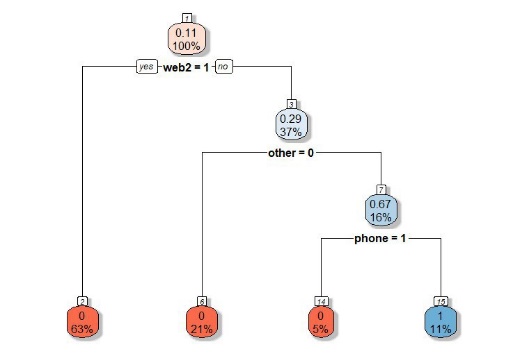
در معیار گیم‌پلی، دو عامل سبک[[7]](#footnote-7) و موتور ساخت بازی[[8]](#footnote-8) در نظر گرفته شده‌اند. در 19 بازی بررسی شده، 10 بازی دارای سبک پازل می‌باشد. سبک معمایی در بازی‌ها، به آن دسته‌ای از بازی‌ها اطلاق می‌شود که ساختار اصلی گیم‌پلی بر مبنای حل معما بوجود آمده در بازی باشد و بازیکن را با چالش روبه‌رو نماید. طبق نتایج به دست‌آمده، به نظر می‌رسد این سبک بسیار مورد علاقه سازندگان بازی‌های جدی در حوزه برنامه‌نویسی است. همچنین در طبقه‌بندی موتور ساخت بازی، 11 بازی دارای موتور وب می‌باشند و محبوبیت آن در میان سازندگان بازی قابل توجه است. این موارد در جدول 3 موجود در پیوست نمایش داده ‌شده است.

جدول 4 موجود در پیوست، نمایش‌دهنده‌ی تنوع زبان برنامه‌نویسی آموزش داده شده توسط بازی می‌باشد. به نظر می‌رسد که تنوع زبان‌های آموزش داده شده توسط بازی‌های مورد بررسی در این تحقیق مناسب است و بازی‌ها به طور خاص بر روی آموزش یک زبان تمرکز نکرده‌اند. CodinGame دارای 26 زبان برنامه‌نویسی است که بازیکن هنگام کدزدن می‌تواند زبان مورد نظر خود را انتخاب کند.

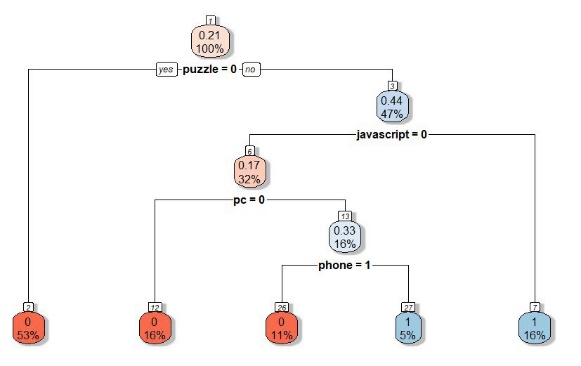
سپس تمام ویژگی هایی را که در جداول پیوست نشان داده شده، ترکیب شده و از ابزار RStudio برای یادگیری ویژگی‌های مهم استفاده شده است. همچنین درخت تصمیم برای چهارگروه از مخاطبان بازی، به کمک الگوریتم ساخته ‌شد. ویژگی سبک بازی در درخت تصمیم در گره ابتدایی قرار گرفت و نشان دهنده‌ی این می‌باشد که در ساخت یک بازی جدی در حوزه برنامه‌نویسی نقش به‌سزایی دارد. علاوه بر آن، ویژگی زبان برنامه‌نویسی آموزش داده ‌شده توسط بازی و پلتفرم هدف در سطح‌های بعدی قرار دارد.

شکل 20 برای گروه مخاطب کودکان می‌باشد. طبق درخت تصمیم به دست‌آمده، اگر قصد ساخت بازی برای آموزش برنامه‌نویسی به کودکان را داریم، بازی مورد نظر دارای سبک پازل نباشد و برای پلتفرم تلفن‌های هوشمند درنظر گرفته‌ شود.

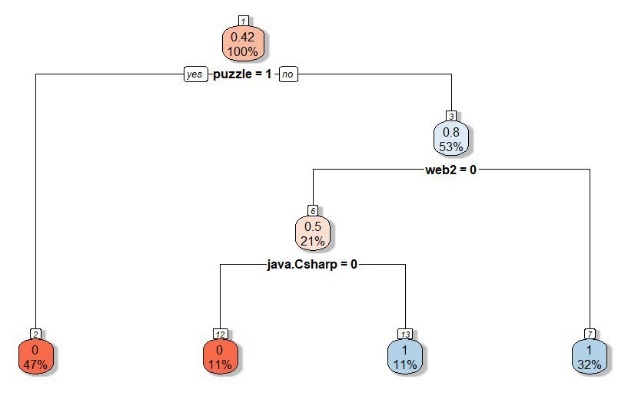
همچنین مطالبق با شکل 21، برای مخاطبان دبیرستانی نیز، بازی مورد نظر دارای سبک وب نباشد و بر روی پلتفرم تلفن‌های هوشمند هدف‌گذاری شود. اگر بخواهیم یک بازی جدی برنامه‌نویسی برای افرادی که تجربه‌ی برنامه‌نویسی ندارند، طراحی کنیم، بهتر است این بازی بر روی پلت‌فرم تلفن‌های هوشمند و زبان‌های جاوا، Ruby، C# و Python باشد (شکل22). مطابق با شکل 23، برای مخاطبان افراد با تجربه، بهتر است که بازی در سبک پازل نباشد و زبان برنامه‌نویسی آموزش داده شده توسط بازی، زبان‌هایی غیر از C# و جاوا باشد.



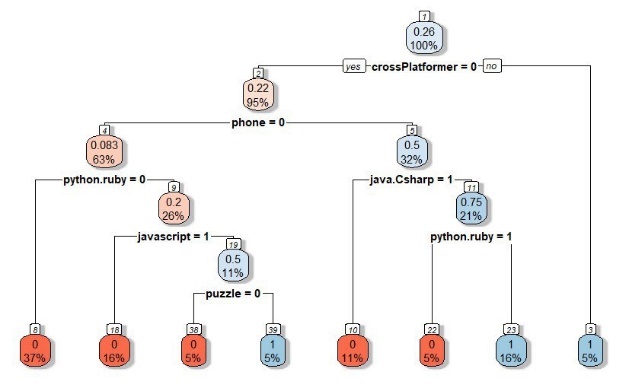
شکل 21: درخت تصمیم برای ساخت بازی برای دبیرستانی



شکل 20: درخت تصمیم برای ساخت بازی برای کودکان



شکل 23: درخت تصمیم برای ساخت بازی برای افراد باتجربه



شکل 22: درخت تصمیم برای افراد بدون تجربه برنامه‌نویسی

**6- نتیجه گیری**

در این مقاله نوزده بازی جدی برای برنامه‌نویسی بررسی شده‌ است. همه‌ی این بازی‌ها از نظر طراحی گیم‌پلی بسیار مناسب بوده‌اند. اگرچه گرافیک برخی از بازی‌ها از سایر بازی‌ها بهتر بودند، اما تمام بازی‌های مورد بررسی در برقراری ارتباط با مخاطبان موفق بوده‌اند. اکثر پلتفرم‌های هدف برای بازی‌ها، مبتنی بر وب منتشر شده‌اند. امروزه تلفن‌های هوشمند به طور فزاینده‌ای محبوب می‌باشند و ساخت بازی برای پلتفرم تلفن‌های همراه بسیار مؤثر است. بازیکنان می‌توانند در هر زمان و هر مکان با استفاده از تلفن‌های هوشمند خود شروع به یادگیری برنامه‌نویسی توسط بازی‌های جدی کنند. از سوی دیگر، چنین به نظر می‌رسد که اگر اولین نسخه‌های بازی به صورت رایگان منتشر شود و در دسترس مخاطبان قرار گیرد، تأثیر زیادی در جذب مخاطب خواهد داشت.

همچنین زبان‌های برنامه‌نویسی بی‌شماری وجود دارد و تنوع زبان‌های برنامه‌نویسی که در بازی‌ها، باعث می‌شود تا بازی‌ها مورد استقبال گسترده‌ای از مخاطبان قرار بگیرد و این امکان را به مخاطب می‌دهد تا با زبان‌های برنامه‌نویسی جدید آشنا شده و برای یادگیری آن اقدام کند. مدل‌هایی که برای ساخت بازی جدی برنامه‌نویسی توسط درخت تصمیم ایجاد شده‌ است، می‌تواند به سازندگان بازی برای هر یک از گروه مخاطبان کمک کند. بنابراین، توصیه می‌شود افرادی که درگیر طراحی بازی جدی هستند، ایده طراحی برنامه‌نویسی جدی را با توجه به مخاطب هدف انتخابی خود، برای پلت‌فرم‌ مناسب و زبان‌های برنامه‌نویسی مناسب برای آن گروه تعیین نموده و به توسعه زبان‌های برنامه‌نویسی برای علاقه‌مندان کمک کنند.

**10-مراجع**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Tamotsu Mitamura, Yasuhiro Suzuki and Takahumi Oohori, "Serious Games for Learning Programming," in 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Seoul, South Korea, 2012. |
| [2] | Shuji Hao and Chunyan Miao, "Survey on serious game for elderly," International Journal of Information Technology (IJIT), vol. 21, pp. 1-22, 2015. |
| [3] | Aline Dobrovsky, Uwe M. Borghoff and Marko Hofmann, "Applying and Augmenting Deep Reinforcement Learning in Serious Games through Interaction," Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science, vol. 61, no. 2, pp. 198-208, 2017. |
| [4] | Stefanos Galgouranas and Stelios Xinogalos, "jAVANT-GARDE: A CrossPlatform Serious Game for an Introduction to Programming With Java," Simulation and Gaming, vol. 49, no. 6, pp. 751-767, 2018. |
| [5] | Thomas M. Connolly, Elizabeth A. Boyle, Ewan MacArthur, Thomas Hainey and James M. Boyle, "A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games," Computers & Education, vol. 59, no. 2, pp. 661-686, 2012. |
| [6] | Vahldick, Adilson, Mendes, Antonio Jose, Marcelino and Maria Jose, "A review of games designed to improve introductory computer programming competencies," in 2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings, Madrid, Spain, 2014. |
| [7] | Michael A. Miljanovic and Jeremy S. Bradbury, "A Review of Serious Games for Programming," in In Joint International Conference on Serious Games, 2018. |
| [8] | Adriano Lages dos Santos, Mauricio R. de A. Souza, Eduardo Figueiredo and Marcella Dayrell2, "Game Elements for Learning Programming: A Mapping Study," Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2018), pp. 89-101, 2018. |
| [9] | Andrew Rollings and Ernest Adams , "Andrew Rollings and Ernest Adams on Game Design Chapter 7: Gameplay," in Andrew Rollings and Ernest Adams on Game Design, New Riders, 2003, pp. 199-237. |
| [10] | C. Fabricatore, "Gameplay and Game Mechanics: A Key to Quality in Videogames," in ENLACES (MINEDUC Chile) -OECD Expert Meeting on Videogames and Education, Santiago de Chile, 2007. |
| [11] | James, Gareth, Daniela Witten, Trevor Hastie, and Robert Tibshirani, "An introduction to statistical learning", vol. 112, New York: springer, 2013. |
| [12] | Sudrajat, R, Irianingsih, I and Krisnawan, D., "Analysis of data mining classification by comparison of C4.5 and ID algorithms," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Bogor, Indonesia, 2017. |
| [13] | Chaima Jemmali and Zijian Yang, "May’s Journey:A serious game to teach middle and high school girls programming," Master’s thesis.Worcester Polytechnic , 2016. |
| [14] | Fuentes Rosado, J. I, "Video games to learn programming," Revista Educación En Ingeniería, vol. 14, no. 2019, pp. 119-123, 2019. |
| [15] | P. Butt, "Students' perceptions of game-based learning using CodinGame," in International Conference on Information Communication Technologies in Education, Rhodes, Greece, 2016. |
| [16] | M. J. Lee, "Education Gidget: An Online Debugging Game for Learning and Engagement in Computing," in 2014 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC), Melbourne, VIC, Australia, 2014. |
| [17] | Reza GhasemAghaei, Ali Arya and Robert Biddle, "Affective Walkthroughs and Heuristics: Evaluating Minecraft Hour of Code," in International Conference on Learning and Collaboration Technologies, 2017. |
| [18] | D. Yaroslavski, " How does Lightbot teach programming?," https://lightbot.com/Lightbot\_HowDoesLightbotTeachProgramming.pdf, 2014. |
| [19] | Anuradha Mathrani\*, Shelly Christian and Agate Ponder-Sutton, "PlayIT: Game Based Learning Approach for Teaching Programming Concepts," International Forum of Educational Technology & Society, vol. 19, no. 2, pp. 5-17, 2016. |
| [20] | Bishop, Judith, Horspool, R. Nigel, Xie, Tao, Tillmann, Nikolai, Halleux and Jonathan de, "Code Hunt: Experience with Coding Contests at Scale," in ICSE '15 Proceedings of the 37th International Conference on Software Engineering, Florence, Italy, 2015. |
| [21] | Nikolai Tillmann, Judith Bishop, R. Nigel Horspool, Daniel Perelman and Tao Xie, "Code Hunt: Searching for Secret Code for Fun,," in in SBST 2014 Proceedings of the 7th International Workshop on Search-Based Software Testing, India,Hyderabad, 2014. |
| [22] | Michael A. Miljanovic and Jeremy S. Bradbury, "Robot ON!: A Serious Game for Improving Programming," in 2016 IEEE/ACM 5th International Workshop on Games and Software Engineering (GAS), Austin, TX, USA, 2016. |
| [23] | Linda Werner, Shannon Campe and Jill Denner, "Children Learning Computer Science Concepts via Alice Game-Programming," in SIGCSE '12 Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education , Raleigh, North Carolina, 2012. |
| [24] | Stephen Cooper, Wanda Dann and Randy Pausch, "Alice: A 3-D tool for introductory programming concepts," in CCSC '00 Proceedings of the fifth annual CCSC northeastern conference on The journal of computing in small colleges, New Jersey, USA, 2000. |
| [25] | Pluralsight, "javascript.com," Pluralsight, [Online]. Available: https://www.javascript.com/. [Accessed 20 December 2019]. |
| [26] | Ken Kahn , Luc Steels and A Learning Zone Of, "ToonTalk Steps Towards Ideal Computer-BasedLearning Environments," Mario Tokoro and Luc Steels, editors, A Learning Zone of One's Own: Sharing Representations and Flow in Collaborative Learning Environments, pp. 253-270, 2014. |
| [27] | Sébastien COMBÉFIS, Gytautas BERESNEVIČIUS and Valentina DAGIENĖ, "Learning Programming through Games and Contests: Overview, Characterisation and Discussion," Olympiads in Informatics, vol. 10, p. 39–60, 2016. |
| [28] | K. Hartness, "Robocode: using games to teach artificial intelligence," Journal of Computing Sciences in Colleges, vol. 19, pp. 287-291, 2004. |

**پیوست:**

جدول 2: طبقه‌بندی بازی‌ها با توجه به نوع مخاطب و پلتفرم هدف

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام بازی** | **مخاطب** | | | | **پلت‌فرم هدف** | | | |
| **کودکان** | **دبیرستانی** | **افراد بدون تجربه برنامه‌نویسی** | **افراد با تجربه برنامه‌نویسی** | **مبتنی**  **بر وب** | **تلفن**  **هوشمند** | **رایانه**  **شخصی** | **چندسکویی[[9]](#footnote-9)** |
| May’s Journey |  | ● |  |  | ● |  |  |  |
| CodinGame |  |  |  | ● | ● |  |  |  |
| Gidget |  |  | ● |  | ● |  |  |  |
| Hour of Code Minecraft | ● |  |  |  | ● |  | ● |  |
| LightBot |  |  | ● |  | ● | ● | ● |  |
| Code Hunt |  |  |  | ● |  | ● | ● |  |
| Robot ON |  |  | ● |  |  |  |  | ● |
| Code Combat | ● |  |  |  |  |  |  |  |
| jAVANT-GARDE |  |  |  | ● | ● | ● | ● |  |
| Codewars |  |  |  | ● | ● |  |  |  |
| Alice |  | ● |  |  |  |  | ● |  |
| JavaScript.com |  |  |  | ● | ● |  |  |  |
| ToonTalk | ● |  |  |  | ● |  | ● |  |
| CodeMonkey | ● |  |  |  | ● | ● | ● |  |
| Leek Wars |  |  | ● |  | ● | ● |  |  |
| Human Resource Machine |  |  | ● |  |  | ● | ● |  |
| Robocode |  |  |  | ● |  |  | ● |  |
| screeps |  |  |  | ● | ● |  | ● |  |
| Ruby Warrior |  |  |  | ● | ● |  |  |  |

جدول3: طبقه‌بندی بازی‌ها با توجه به سبک و موتور ساخت

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام بازی** | **سبک** | | | | **موتور ساخت بازی** | | | | |
| **پازل** | **مبتنی بر متن** | **استراژدی** | **Platformer** | **Web** | **Unity** | **Java** | **OpenGL** | **Ruby** |
| May’s Journey | ● |  |  |  |  | ● |  |  |  |
| CodinGame |  |  | ● |  | ● |  |  |  |  |
| Gidget | ● |  |  |  | ● |  |  |  |  |
| Hour of Code Minecraft | ● |  |  |  | ● |  |  |  |  |
| LightBot | ● |  |  |  |  |  |  | ● |  |
| Code Hunt | ● |  |  |  | ● |  |  |  |  |
| Robot ON | ● |  |  |  |  | ● |  |  |  |
| Code Combat | ● |  |  |  | ● |  |  |  |  |
| jAVANT-GARDE |  |  |  | ● |  |  | ● |  |  |
| Codewars |  | ● |  |  | ● |  |  |  |  |
| Alice |  | ● |  |  |  |  | ● |  |  |
| JavaScript.com |  | ● |  |  | ● |  |  |  |  |
| ToonTalk | ● |  |  |  | ● |  |  |  |  |
| CodeMonkey | ● |  |  |  | ● |  |  |  |  |
| Leek Wars |  |  | ● |  |  |  | ● |  |  |
| Human Resource Machine | ● |  |  |  | ● |  |  |  |  |
| Robocode |  |  | ● |  |  |  | ● |  |  |
| Screeps |  |  | ● |  | ● |  |  |  |  |
| Ruby Warrior |  |  |  | ● |  |  |  |  | ● |

جدول 4: طبقه‌بندی بازی‌ها با توجه به نوع زبان آموزش‌ داده ‌شده توسط بازی

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نام بازی** | **زبان ‌برنامه‌نویسی آموزش داده شده توسط بازی** | | | | | |
| **JavaScript** | **Python/ Ruby** | **C** | **C/C++** | **Java/C#** | **Other** |
| May’s Journey |  |  |  |  |  | ● |
| CodinGame | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Gidget |  | ● |  |  |  |  |
| Hour of Code Minecraft | ● |  |  |  |  |  |
| LightBot |  |  |  |  |  | ● |
| Code Hunt |  |  |  |  | ● |  |
| Robot ON |  |  |  | ● |  |  |
| Code Combat | ● | ● | ● |  |  |  |
| jAVANT-GARDE |  |  |  |  | ● |  |
| Codewars | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Alice |  |  |  |  |  | ● |
| JavaScript.com | ● |  |  |  |  |  |
| ToonTalk |  |  |  |  |  | ● |
| CodeMonkey | ● | ● |  |  |  | ● |
| Leek Wars | ● |  |  |  |  |  |
| Human Resource Machine |  |  |  |  |  | ● |
| Robocode |  |  |  |  | ● |  |
| Screeps | ● |  |  |  |  |  |
| Ruby Warrior |  | ● |  |  |  |  |

1. Serious programming games [↑](#footnote-ref-1)
2. Online [↑](#footnote-ref-2)
3. Qualitative Features [↑](#footnote-ref-3)
4. Java [↑](#footnote-ref-4)
5. Colony [↑](#footnote-ref-5)
6. Target platform [↑](#footnote-ref-6)
7. Genre [↑](#footnote-ref-7)
8. Engine [↑](#footnote-ref-8)
9. ***Cross-Platform*** [↑](#footnote-ref-9)