

## تأثیر بازی‌وارسازی بر یادگیری در سطح تحلیل کردن از طبقه‌بندی بلوم در زیست‌شناسی ۳

محمد رضا نیلی احمدآبادی\*<sup>۱</sup>، فاطمه جعفرخانی<sup>۲</sup>، محمد عسگری<sup>۳</sup>، حسن نوری<sup>۴</sup>

۱. نویسنده مسئول: دانشیار گروه تکنولوژی آموزشی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی تهران، ایران رایانامه: [Nili1332@gmail.com](mailto:Nili1332@gmail.com)
۲. استادیار گروه تکنولوژی آموزشی؛ دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی؛ دانشگاه علامه طباطبائی تهران؛ ایران.
۳. دانشیار گروه سنجش و اندازه‌گیری؛ دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی؛ تهران؛ ایران.
۴. دانشجوی رشته تکنولوژی آموزشی؛ دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی؛ دانشگاه علامه طباطبائی تهران؛ ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱

### چکیده:

یادگیری در سطح تحلیل کردن از بازده‌های یادگیری سطح بالا شمرده می‌شود. از آنجایی که دانش‌آموزان در مهارت تحلیل کردن پایین‌تر از میانگین جهانی قرار دارند پژوهش حاضر به این مهم پرداخته است. تحلیل کردن یکی از پیش‌نیازهای تشخیص و تصمیم‌گیری است. هدف پژوهش حاضر استفاده از بازی‌وارسازی برای ارتقای یادگیری زیست‌شناسی در سطح تحلیل کردن است. بدین منظور از روش نیمه‌آزمایشی طرح گروه کنترل نابرابر استفاده شده است. با توجه به هدف پژوهش؛ ابتدا الگوی بازی‌وارسازی تدوین شده و سپس وبسایت پاپازیت طراحی و در اختیار گروه آزمایش قرار گرفته است. جامعه متشکل از دانش‌آموزان رشته علوم تجربی پایه دوازدهم داخل کشور بوده است و به صورت نمونه‌گیری چند مرحله‌ای خوشه‌ای نمونه‌گیری انجام شده است و دو کلاس از یک مدرسه در شهرستان ساوجبلاغ به عنوان گروه کنترل و گروه آزمایش انتخاب شده است. هر کلاس ۱۵ نفر و جمعاً ۳۰ نفر آزمودنی انتخاب شده است. نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه کنترل و گروه آزمایش برای محاسبات آماری استخراج شده است. آزمون فرض با استفاده از تحلیل کواریانس انجام شده که فرضیه پژوهش در سطح ۰/۰۵ معنادار بوده است. تجزیه و تحلیل داده نشان داده که تغییرات نمرات در گروه آزمایش ناشی از متغیر آزمایش یعنی بازی‌وارسازی بوده است. بازی‌وارسازی باعث تسهیل یادگیری در سطح تحلیل کردن می‌گردد.

**کلیدواژه‌ها:** بازی‌وارسازی؛ الگوی طراحی آموزشی؛ گیمیفیکیشن؛ یادگیری تحلیل کردن.

### استناد به این مقاله:

- نیلی احمدآبادی، محمد رضا؛ جعفرخانی، فاطمه؛ عسگری، محمد؛ نوری، حسن. (۱۴۰۴). تأثیر بازی‌وارسازی بر یادگیری در سطح تحلیل کردن از طبقه‌بندی بلوم در زیست‌شناسی ۳. *فصلنامه‌های نوین تربیتی*، ۱۶۷-۱۷۸، (۲) ۲۱. doi: 10.22051/jontoe.2025.49575.4006

## مقدمه

مهارت‌های مورد نیاز دانش‌آموزان برای ایفای نقش در مشاغل این‌گونه ذکر شده است: مهارت تصمیم‌گیری، تفکر انتقادی، حل مشکل پیچیده، خلاقیت. مهارت‌های یادشده مربوط به سطوح بالای یادگیری بلوم به‌شمار می‌رود. یادگیری سطح بالا از مهارت‌های لازم و ضروری برای ایفای نقش در مشاغل مختلف می‌باشد (مرادی نجف‌آبادی و محسن پور؛ ۱۳۹۸)؛ برای نمونه، در حوزه درمان، تجزیه و تحلیل کردن این توانایی را به پزشک می‌دهد تا از تجارب و آموخته‌ها برای رسیدن به تشخیص مناسب و ارائه راه حل استفاده کند (صادقی گندمانی، دل‌آرام، نصیری زیبا، ناصری بروجنی؛ ۱۳۹۴)، همچنین تجزیه و تحلیل کردن به‌عنوان یک مهارت شناختی سطح بالا کمک زیادی در استدلال بالینی می‌نماید (منجمی، ۱۴۰۰؛ و اینکا نجیمی، ۱۹۹۷)؛ بنابراین می‌توان از یادگیری سطح بالا به‌عنوان هدف اساسی تعلیم و تربیت نام برد (لیفتری، ۲۰۱۸؛ و رجیبان ده زیره، درتاج و بشیرنژاد دستجردی، ۱۳۹۸). همچنین بارها در سند تحول بنیادین بر هدف تربیت انسانی خلاق و کارآفرین و نظریه‌پرداز و تأکید شده است (سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش، ۱۳۹۰). مشخص است که یادگیری حل مسئله تنها با به‌خاطر سپاری اطلاعات حاصل نمی‌گردد و نیازمند یادگیری سطح بالا و معنادار است (سیف، ۱۴۰۱). از جهت دیگر بررسی‌ها نشان می‌دهد دانش‌آموزان کشور ایران در سؤالاتی که نیازمند یادگیری سطح بالا هستند به‌شدت ضعیف هستند و از این جهت پایین‌تر از میانگین جهانی قرار دارند (اصلائی، ۱۳۹۷؛ و محرری، ۱۳۹۷). نتایج آزمون‌های تیمز نشان می‌دهد که دانش‌آموزان کشور ایران در سال‌های اخیر در نمرات مربوط به سؤالاتی که یادگیری سطح بالا را موردسنجش قرار می‌دهند هیچ تغییری نداشته‌اند (اصلائی، ۱۳۹۷). بررسی‌های متعدد داخلی و خارجی نشان می‌دهد در مدارس به سطوح پایین یادگیری توجه می‌شود و بر سطوح بالای یادگیری تأکید نشده است (رضوی، ۱۳۹۵؛ شکیب، ۱۳۹۲؛ مزیدی و گلزاری، ۱۳۹۰؛ قادری، ۱۳۸۹؛ علیپور، سیف نراقی، نادری و شریعتمداری ۱۳۸۸). گزارش‌های یادشده بر اهمیت و ضرورت یادگیری سطح بالا حکایت دارد. بر اساس حیطه شناختی بلوم، یادگیری در سطوح پایینتر مانند یادآوری و فهمیدن با روش‌های آموزشی مانند سخنرانی و روش پرسش و پاسخ قابل کسب می‌باشد ولی توانایی‌های یادگیری سطح بالا نیازمند روش‌های آموزشی پیشرفته‌تری است. با توجه به اینکه روش آموزشی فراگیر برای دستیابی به مهارت‌های سطح بالا در ادبیات حوزه آموزش یافت نشده است پژوهش حاضر با تمرکز بر این موضوع اجرا شده است و از آنجایی که مهارت تحلیل کردن یک مهارت پایه و پیش‌نیاز برای رسیدن به مهارت‌های سطح بالاست، با تمرکز بر کشف مدل آموزشی برای یادگیری در سطح تحلیل کردن انجام گرفته است (بیسوال و همکاران؛ ۲۰۲۲).

اکنون آنچه به‌عنوان سؤال باقی ماند نحوه پیشرفت در سطوح یادگیری و ارتقا به سطوح بالاتر است. در خصوص فرایند دستیابی به یادگیری سطح بالا مطالعات نشان داده است که این مهارت‌ها قابل یادگیری هستند (منجمی، ۱۴۰۰). یادگیری در مرحله تجزیه و تحلیل کردن در سطح چهارم از سطوح شناختی بلوم قرار دارد. به‌زعم فلدانش (۱۳۹۶) تجزیه و تحلیل کردن فعالیتی است که در آن ابتدا موضوع به اجزاء شکسته می‌شود و سپس ترتیب و روابط اجزا با یکدیگر مشخص می‌شود. همچنین غفاری؛ کارشکی و نوری (۱۳۹۴) در پژوهشی با روش تجربه زیسته جزئیاتی از فرایند دستیابی به یادگیری سطح بالا را تشریح کرده است. به باور پژوهشگران فراگیر در مواجهه با مسئله ابتدا سعی می‌کند با دانش و اطلاعات موجود به پاسخ مسئله دست یابد؛ در صورتی که دانش فعلی پاسخگو نباشد به استدلال و استنباط روی می‌آورد و سپس به آزمایش در میدان عمل روی می‌آورد و در صورتی که بازهم راه‌حلی برای مسئله به دست نیامد اقدام به تحلیل شناختی مسئله و بررسی ساختار و اجزای مسئله می‌نماید و مسئله را به اجزای آن تجزیه می‌کند تا از این طریق راه‌حل جدیدی بسازد و این فرایند را تا سطوح بالاتر ادامه می‌دهد. پیگیری فرد در فرایند حل مسئله باعث می‌شود فرایندهای شناختی را یکی پس از دیگری تا سطوح بالای یادگیری ادامه دهد تا به هدف یعنی حل مسئله دست یابد (همان).

روش‌های آموزشی متعدد و فناوری‌های مختلف برای تسهیل یادگیری سطح بالا در ادبیات تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است که برخی از آنها در ادامه آمده است. پژوهش‌های متعدد داخلی و خارجی متغیرها و مکانیسم‌های دخیل در یادگیری سطح بالا را گزارش نموده‌اند

مانند بازی وارسازی، تعاملی سازی، آزمایشگاه مجازی در دستیابی به یادگیری سطح بالا (دستمن، کینگ کلر، مارکز، ۲۰۲۱)؛ داربست بندی برای دستیابی به یادگیری سطح بالا (جارویس و بلویی، ۲۰۲۰)؛ تأثیر آموزش مبتنی بر واقعیت افزوده و ترکیبی بر تفکر خلاق (ایمری و باقرپور، ۱۴۰۱)؛ تأثیر تمرین و تصویرسازی بر یادگیری سطح بالای بلوم (لیفری، ۲۰۱۹)؛ بازی وارسازی به منظور درگیرسازی در یادگیری سطح بالا (بروک، ۲۰۱۹) و (کیهان ۱۳۹۹)؛ تأثیر نقشه مفهومی در یادگیری سطح بالا (ادواردز، کویننس و ادوارد، ۲۰۱۸)؛ ساخت ابزار اندازه گیری یادگیری سطح بالا (کوساما، رازیدین، عبدالرحمن و سویاتا، ۲۰۱۷)؛ ویژگی‌های تدریس مؤثر در دستیابی به یادگیری سطح بالا (شین یین و هلیلی، ۲۰۱۵)؛ طراحی مدل یادگیری زایشی در دستیابی به یادگیری سطح بالا (زنگنه، ۱۳۹۲)؛ تأثیر یادگیری زایشی، بازخورد شناختی و یادگیری خودتنظیم در یادگیری سطح بالا (لی، ۲۰۰۸).

در موضوع یادگیری در سطح تحلیل به طور خاص پژوهش‌های انجام شده مرور شده است. پژوهش‌های متعددی به منظور تقویت مهارت تحلیل کردن انجام شده است. مسئله، انگیزش دانش آموز، بازخورد شناختی و فراشناختی از عناصری هستند که در آموزش تحلیل کردن حضور داشته‌اند؛ این در حالی است که در پژوهش دیگری نشان داده است که عوامل استرس‌زای زیر شامل: محدودیت زمانی، اطلاعات بیش از حد، عدم اطمینان باعث فشار بر یادگیرنده می‌شوند و مانع تحلیل کردن هستند (جنگا، ولدکمپ، شنروکا؛ ۲۰۱۹). در یک روش سیستماتیک؛ معمولاً افراد با مسئله مواجه می‌شوند و فرضیه‌سازی می‌کنند، سپس وقایع و داده‌ها را دنبال می‌کنند و بر همین اساس تحلیل می‌کنند و راه‌حل را می‌سازند (نوسو، سیسواتو و هودا؛ ۲۰۲۱). بسیاری از مدل‌های یادگیری تحلیل بر همین اساس ساخته شده‌اند که در ادامه به برخی از این مدل‌ها پرداخته شده است.

مدل POE<sup>۱</sup> برای آموزش تحلیل کردن (ساپترا، خنیف و سیتی؛ ۲۰۲۰). این مدل بر اساس درگیر ساختن دانش آموز در فرایند یادگیری و در درس فیزیک و با استفاده از سه فعالیت: ۱. پیش‌بینی کردن، ۲. مشاهده کردن، ۳. توضیح دادن برای ارتقای مهارت تحلیل کردن ابداع شده است. بر اساس این مدل، ابتدا یک موقعیت دارای مسئله برای دانش آموز طرح می‌شود و دانش آموز بر اساس توضیحات کتاب و دانش ذهنی در فاز اول ۱. پیش‌بینی می‌کند که نتیجه به چه شکلی خواهد بود؛ ۲. در فاز دوم آزمایشی را مشاهده می‌کند و ۳. در فاز سوم توضیح می‌دهد که اتفاق رخ داده بر چه اساسی بوده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد نمره گروه آزمایش در اثر اجرای مدل فوق ۶۰ درصد بهبود یافته است.

شادباد، بحر، لویس و هم (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای از ابزار بازی وارسازی و آزمایشگاه مجازی به طور هم‌زمان برای پیشرفت تحصیلی استفاده کرده‌اند. در این مطالعه چهار گروه از دانشجویان به صورت تصادفی در دوره‌هایی که بر اساس نظریه خودتعیین‌گری و خودکارآمدی و با استفاده از ابزارهای بازی وارسازی و آزمایشگاه مجازی تولید شده‌اند، شرکت داده شدند. نتایج نشان داد بازی وارسازی به طور معناداری نتایج بالاتری به نسبت آزمایشگاه مجازی صرف و یا آموزش الکترونیکی به شکل سخنرانی کسب می‌کند. همچنین بازی وارسازی به حل تکالیف پیچیده کمک می‌کند و خودکارآمدی را افزایش می‌دهد.

بازی وارسازی قابلیت درگیرسازی و افزایش مشارکت یادگیرنده در فعالیت یادگیری را دارد که در پژوهش‌های اشاره شده نیز از همین جنبه بازی وارسازی استفاده شده است، به باور سیف (۱۴۰۱)؛ زارع و همکاران، (۱۳۹۶) بسیاری از دانش‌آموزان نیز حتی با به‌کارگیری راهبردهای شناختی تلاش‌های بی‌ثمری دارند، لازم است دانش‌آموزان همزمان که روش‌های یادگیری را به کار می‌گیرند از راهبردهای فراشناختی نیز برای خود نظم دهی و کنترل یادگیری خود استفاده نمایند برخی دانش‌آموزان به صورت تدریجی این آموزش‌ها را یاد می‌گیرند، اما برخی دیگر نیاز به آموزش دارند (کوزله، ۲۰۱۷). از آنجایی که بازی وارسازی قابلیت هدایت و کنترل انگیزه دانش‌آموزان را در مسیر یادگیری را دارد می‌تواند به‌عنوان الگویی برای آموزش در سطح تحلیل به کارگیری شود. با توجه به اینکه بسته بازی وارسازی برای یادگیری در سطح تحلیل کردن یافت نشده است، پژوهش حاضر با هدف ساخت بسته بازی وارسازی و بررسی تأثیر آن بر یادگیری

زیست‌شناسی پرداخته است. بنابراین مسئله پژوهش حاضر بدین صورت بوده است: آیا الگوی بازی‌وارسازی آموزشی بر یادگیری سطح بالا تأثیر گذار است؟

## روش‌شناسی پژوهش

به منظور پاسخگویی به مسأله پژوهش: آیا بسته آموزشی محقق ساخته بر یادگیری درس زیست‌شناسی تأثیرگذار است؟ ابتدا الگوی بازی‌وارسازی آموزشی استخراج شده است و سپس بسته بازی‌وارسازی منطبق بر الگوی محقق ساخته تدوین شده و تأثیرگذاری آن بر یادگیری سطح بالا مورد ارزیابی قرار گرفته است. بنابراین روش در دو بخش کیفی و بخش کمی توضیح داده شده است.

### الف) بخش کیفی پژوهش: تدوین و اعتباریابی الگوی بازی‌وارسازی

برای بخش اول یعنی تدوین الگوی بازی‌وارسازی؛ روش مرور نظام مند جهت استخراج و شناسایی متون مرتبط با "بازی‌وارسازی" و همچنین "یادگیری در سطح تحلیل کردن" به کار گرفته شده است. پروتکل مرور نظام مند مشتمل بر: الف) کلیدواژه‌ها، ب) پایگاه‌های مورد نظر برای جست‌وجو، پ) بازه زمانی اسناد، ت) نوع اسناد، ث) معیار انتخاب اسناد، ج) معیار کنار گذاشتن اسناد، چ) روش سازمان‌دهی مواد گردآوری شده، ح) نرم‌افزار مورد استفاده برای سازمان‌دهی داده‌ها تدوین گردید.

به طور خلاصه الف) کلیدواژه‌های بازی‌وارسازی و معادل آن مانند گیمیفیکیشن و معادل لاتین ((gamification) و همچنین کلیدواژه‌های سطوح شناختی بلوم، تحلیل کردن، بازدهی یادگیری و معادل لاتین (learning bloom taxonomi, Analysing, learning outcome) برای جست‌وجو انتخاب گردید و ب) در پایگاه‌های Sage و Elsevier, Scupos, sciencedirect, Proquest، و نیز موسسه استنادی پایش علم و فناوری جهان اسلام؛ پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی<sup>۲</sup>؛ گنج<sup>۳</sup>؛ و نورمگز<sup>۴</sup> جست‌وجو انجام شد. پ) پژوهش‌های انجام شده در بازه زمانی ۲۰۱۹ (۱۳۹۸) به بعد و همچنین ت) متون پژوهشی شامل کتاب‌ها، رساله و پایان‌نامه؛ و مقالات منتشر شده در نشریات و کنفرانس‌ها مد نظر بوده است. ث) تعداد ۷۰۶ سند یافت شد که موضوع، چکیده و سپس متن آن مورد مطالعه قرار گرفت. در صورتی که مطالبی مرتبط در آن وجود داشت وارد چرخه مرور نظام‌مند می‌شد (و ج) در صورتی هیچ مطلب مرتبطی با کلیدواژه‌های پژوهش در آن وجود نداشت از چرخه بررسی کنار گذاشته می‌شد. چ) در انتها تعداد ۵۴ سند مشتمل بر ۳ جلد کتاب، ۴ جلد پایان‌نامه، و تعداد ۴۷ مقاله انتخاب شده است. ح) متون مربوطه در قالب فایل پی‌دی‌اف وارد نرم‌افزار انویو گردید و پس از مطالعه، هر مطلب مرتبط با کلیدواژه‌ها انتخاب گردید و یک کد برای آن تعیین گردید؛ سپس یک کدگذار کمکی برای اطمینان از پایایی کدگذاری، کار کدگذاری را به صورت جداگانه انجام داده است. این کار به پژوهشگر اطمینان داد که کدگذاری‌ها به صورت منطقی انجام شده است و سوگیری در تحقیق وارد نشده است. سپس با جمع‌بندی مطالب مرتبط به هم مضامین سازمان‌دهنده تشکیل شده است. مضامین سازمان‌دهنده در کنار هم قرار گرفتند و الگوی بازی‌وارسازی تدوین شده است. الگوی بازی‌وارسازی جهت تعیین روایی به ۱۵ نفر از متخصصان تکنولوژی آموزشی مشتمل بر ۴ استاد دارای مدرک دکتری و همچنین ۱۱ دانشجوی دوره دکتری تکنولوژی آموزشی ارائه شد تا روایی گویه‌های الگو را مورد بررسی قرار دهند. شاخص روایی محتوا (CVI) تمام گویه‌ها بالاتر از ۰/۹۳ بود و با توجه به اینکه عدد حاصله بیشتر از اندازه بحرانی (۰/۷۹) است بنابراین گویه‌ها تأیید شدند. همچنین نسبت روایی محتوا (CVR) برای تمام گویه‌ها بالاتر از ۰/۸۶ به دست آمد که با توجه به اینکه بالاتر از اندازه بحرانی (۰/۴۹) می‌باشد؛ بنابراین مؤلفه‌های الگو مورد قبول قرار گرفته است.

1. <https://search.isc.ac/dl/search/DefaultTa.aspx>  
 2. <https://www.sid.ir/fa/>  
 3. <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/>  
 4. <https://www.noormags.ir/view/fa/default>

### ب) روش پژوهش کمی: بررسی تأثیر بسته بر یادگیری در سطح تحلیل

به منظور بررسی تأثیر بسته بازی‌وارسازی بر یادگیری در سطح تحلیل ابتدا الزامات بسته بازی‌وارسازی به همراه مکانیک‌ها و دینامیک‌های بازی تعیین شده و با توجه به امکانات و قابلیت‌های حوزه فناوری ساخته شده است. یک وبسایت به زبان (8.3) PHP طراحی شده و محتوای آموزشی و عناصر بازی‌وارسازی منطبق بر الگوی بازی‌وارسازی بر بستر وبسایت برای استفاده دانش‌آموزان قرار گرفته است. همچنین نسخه وب اپلیکیشن سایت برای دسترسی بهتر دانش‌آموزان تولید شده است. تست الفا و بتای بسته آموزشی اجرا گردیده است. پس از تست آلفا و بتا؛ برای اجرای آزمایشی آماده شده است. به همین منظور بسته برای گروه آزمایش ارائه شده است. برای آزمون فرض از روش نیمه‌آزمایشی طرح گروه کنترل نامعادل استفاده شده است؛

جدول شماره ۱. طرح آزمایشی

پیش‌آزمون	متغیر مستقل	پس‌آزمون
T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>
T <sub>1</sub>	-	T <sub>2</sub>

در انتهای آزمایش با اجرای پس‌آزمون نمرات مربوط به سطح یادگیری فراگیران جهت تعیین اثربخشی ثبت و استخراج شده است. میدان پژوهش: جامعه عبارت است از دانش‌آموزان مشغول داخل کشور به تحصیل در رشته علوم تجربی در پایه دوازدهم مقطع متوسطه دوم. حجم نمونه: برای پژوهش کمی به ازای هر کدام از گروه‌های آزمایش و گواه تعداد پانزده نفر و جمعاً سی نفر نمونه مورد نیاز است تا در گروه‌ها گمارش می‌شوند (حسن‌زاده، ۱۳۹۸). نمونه‌گیری به شیوه خوشه‌ای چند مرحله‌ای انتخاب شده است، بدین منظور استان البرز انتخاب شده است و سپس شهرستان ساوجبلاغ به صورت تصادفی جهت آزمایش انتخاب شده است. در شهرستان ساوجبلاغ دو مدرسه پسرانه مقطع متوسطه به عنوان گروه نمونه انتخاب شده است. روش اجرا: آدرس وبسایت گروه آزمایش در اختیار گروه آزمایش قرار گرفت. دانش‌آموزان مجاز بودند هر ساعت از شبانه‌روز وارد وبسایت شوند و فعالیت یادگیری داشته باشند. تمامی دانش‌آموزان گروه آزمایش محتوای یادگیری را تمرین نمودند و آزمون پایانی را اجرا کردند. برخی دانش‌آموزان در مدت سه هفته تمام فعالیت‌ها را اجرا کردند و آزمون پایانی را انجام دادند و برخی دانش‌آموزان در زمان طولانی‌تری فعالیت‌ها را به اتمام رساندند. ۷۰ روز طول مدت اجرای آزمایش بوده است. یعنی از وقتی که دانش‌آموزان وارد وبسایت شدند و آزمون ورودی را انجام دادند و فعالیت‌های یادگیری را تکمیل کردند و آزمون نهایی را اجرا کردند هفتاد روز طول کشیده است.

ابزار اندازه‌گیری یک آزمون یادگیری محقق ساخته مشتمل بر ۲۰ سؤال زیست‌شناسی پایه دوازدهم در سطح تحلیل کردن می‌باشد. جدول بودجه‌بندی سؤالات تهیه شده است. به کمک دبیر زیست‌شناسی، معیاری برای مسائل سطح تحلیل به شکل زیر تدوین شد: دانش‌آموز نتواند صرفاً با مراجعه به متن کتاب به آن سؤال پاسخ دهد و برای پاسخ‌دهی نیاز به تجزیه و تحلیل باشد؛ دانش‌آموز برای پاسخ‌دهی باید ساختار موضوع را به اجزایش تجزیه کند و روابط و کارکرد اجزای مورد سؤال را پیدا کند تا جواب را بیابد. روایی درونی آزمون به واسطه نظر متخصصان بررسی شده است. شاخص روایی محتوا و نسبت روایی محتوا برای کلیه سؤالات ۱ به دست آمد و اندازه آلفای کرونباخ برای ۰/۸۲ به دست آمد که نشان می‌دهد ابزار از پایایی لازم برخوردار است. دامنه نمرات هر آزمون از -۴۰ الی +۱۰۰ می‌باشد. با توجه به هدف آزمون معیار موفقیت داوطلب نسبت به نمره خود داوطلب تعیین گردیده است. داده‌ها با دو روش آمار توصیفی و استنباطی با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شده است. از آنجایی که داده‌ها به روش تحلیل کوواریانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته است، در ابتدا پیش‌فرض‌های مربوط به نرمال بودن داده‌های گروه نمونه؛ و تست لون بررسی شده است. سپس آزمون کوواریانس برای آزمایش فرضیه اصلی تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

## یافته‌های پژوهش

### الف) تدوین الگوی بازی‌وارسازی

الگوی بازی‌وارسازی آموزشی در سطح تحلیل کردن براساس کدها و مقولات استخراج شده تدوین و اعتباریابی شده است.



الگوی تدوین شده به مراحل اجرای بازی‌وارسازی اشاره دارد. به‌طور خلاصه شامل این مراحل است:

1. تعیین هدف و شناخت مخاطب، 2. طراحی آموزشی برای یادگرفتن در سطح تحلیل، 3. بازی‌وارسازی برای درگیر ساختن مخاطب، 4. اجرای آموزش به کمک بازی‌وارسازی، 5. بالانس کردن بازی و 6. دستیابی به بازده‌های یادگیری (یادگیری در سطح تحلیل) است.
- الگوی تدوین شده جهت بررسی روایی به متخصصان تکنولوژی آموزشی ارائه گردید؛ نظرات متخصصان در قابل شاخص روایی محتوا و نسبت روایی محتوا گردآوری شد. نتایج نشان داد شاخص روایی محتوا بالاتر از  $0/86$  می‌باشد که قابل قبول است. همچنین نسبت روایی محتوا بالاتر از  $0/93$  کسب شد که بر همین اساس گویه‌های مدل پذیرفته شده است. در ادامه بر اساس الگو؛ الزامات، دینامیک‌ها و مکانیک‌های بسته بازی‌وارسازی استخراج گردید.
- تدوین بسته بازی‌وارسازی آموزشی: برای تهیه بسته بازی‌وارسازی به الگوی بازی‌وارسازی مراجعه گردید و بر اساس آن نوع و کارکرد بسته مشخص گردید؛ وبسایت به همراه وب اپلیکیشن برای استفاده در دستگاه‌های سیار. سپس نقشه راه، سناریو، اسلایدنامه، نمونه اولیه و در انتها وبسایت آموزش زیست‌شناسی بر بستر وب به آدرس: <https://gampion.ir/papazist> قرار گرفت.
- آزمون فرض. فرضیه پژوهش به صورت زیر صورت بندی شده بود: بسته آموزشی محقق ساخته بر یادگیری در سطح تحلیل درس زیست‌شناسی تأثیرگذار است. به‌منظور آزمون فرض داده‌های مربوط به آزمودنی‌ها وارد نرم افزار spss گردید و تحلیل‌های توصیفی و آماری برای ارزیابی آزمایش‌های انجام‌شده محاسبه گردید.

### ب) بررسی تأثیر بازی‌وارسازی بر یادگیری در سطح تحلیل

توضیح مقدماتی: در این قسمت ابتدا داده‌های گردآوری‌شده توصیف شده است و برای بررسی تأثیر مداخله آموزشی بر نمرات پس‌آزمون، با کنترل تأثیر نمرات پیش‌آزمون، از تحلیل کوواریانس استفاده شد؛ ابتدا پیش‌فرض‌های لازم از جمله همگنی شیب‌ها بررسی و تأیید شده است.

ارائه نتایج آمار توصیفی:

جدول میانگین و انحراف استاندارد پیش‌آزمون:

جدول شماره ۲. آمار توصیفی پیش‌آزمون

گروه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	تعداد آزمودنی
کنترل	۱۴.۰۶	۶.۷۵	۱۵
آزمایش	۱۴.۴۰	۷.۲۵	۱۵
کل	۱۴.۲۳	۶.۸۹	۳۰

جدول میانگین و انحراف استاندارد در پس‌آزمون در ادامه آمده است.

جدول شماره ۳. آمار توصیفی پس‌آزمون

گروه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	تعداد آزمودنی
کنترل	۱۴.۲۰	۵.۶۵	۱۵
آزمایش	۲۵.۶۰	۸.۵۲	۱۵
کل	۱۹.۹۰	۹.۱۷	۳۰

بررسی پیش‌فرض‌های تحلیل کوواریانس: آزمون برابری واریانس‌ها (تست لون)، آزمون خطی بودن؛ آزمون همگنی شیب‌ها؛ آزمون نرمال بودن داده‌ها اجرا شده است:

الف) تست لون ۱: به‌منظور اجرای آزمون کوواریانس لازم است ابتدا پیش‌فرض‌های آن موردبررسی قرار بگیرد. در صورتی که پیش‌فرض‌ها برقرار باشد می‌توان تحلیل کوواریانس را انجام داد. تست لون برای بررسی برابری واریانس خطاهای متغیر وابسته (در اینجا، posttest) در بین گروه‌های مورد مقایسه استفاده می‌شود. در صورتی که واریانس خطاها در دو گروه برابر باشد می‌توان از تحلیل کوواریانس استفاده کرد و یکی از پیش‌فرض‌ها برقرار می‌شود. بنابراین برای تست لون فرضیه به شکل زیر مطرح می‌گردد:

فرض صفر:  $H_0$  واریانس خطاهای متغیر وابسته بین گروه‌ها برابر است.

فرض مقابل:  $H_1$  واریانس خطاهای متغیر وابسته بین گروه‌ها برابر نیست.

محاسبات تست لون به‌صورت زیر انجام شده است:

جدول شماره ۴. تست لون

F	df1	df2	sig
0/409	1	28	0/528

F مقدار آماره آزمون لون (در اینجا ۰.۴۰۹).

df1 و df2: درجه آزادی آزمون.

p-value: سطح معناداری آزمون (در اینجا ۰.۵۲۸).

تفسیر: اگر  $p$ -value بزرگتر از ۰.۰۵ باشد، فرض صفر (برابری واریانس‌ها) رد نمی‌شود، که در این مورد به این معناست که واریانس‌ها برابرند. بنابراین فرض صفر پذیرفته می‌شود و پیش فرض مربوطه برقرار است.  
 (ب) بررسی نرمال بودن داده‌ها: با توجه به اندازه نمونه، آزمون شاپیرو و ویلکز<sup>۱</sup> بدین منظور اجرا شده است:

جدول شماره ۵. آزمون نرمالیتی

متغیر	گروه	آزمون کالموگروف-اسمیرینوف	آزمون شاپیرو-ویلک
پیش آزمون	کنترل	(p=0/133)0/114	(p=0/116) 0/848
	آزمایش	(p=2/14) 0/185	(p=0/43)0/877
پس آزمون	کنترل	(p=0/401) 0/812	(p=0/32) 0/869
	آزمایش	(p=0/200) 0/136	(p=0.483) 0.947

تفسیر نتایج:

برای گروه کنترل: در پیش آزمون و پس آزمون، داده‌ها به طور معناداری از توزیع نرمال پیروی می‌کنند (چون سطح معناداری  $p$  بیشتر از ۰.۰۵ است).

برای گروه آزمایش: در پیش آزمون و پس آزمون، داده‌ها به طور معناداری از توزیع نرمال پیروی می‌کنند (چون سطح معناداری  $p$  بیشتر از ۰.۰۵ است).

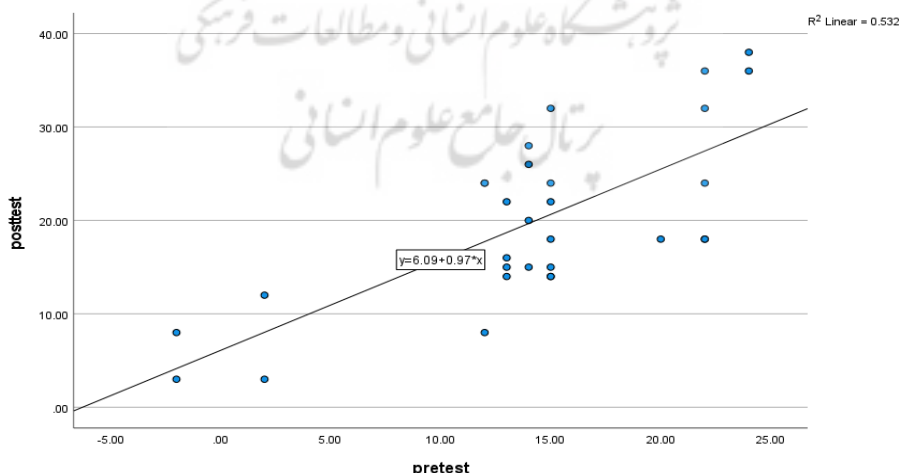
(پ) بررسی همگنی شیب‌ها. آزمون همگنی شیب‌ها انجام شده است که نتایج در جدول زیر دیده می‌شود:

جدول شماره ۶. آزمون همگنی شیب‌ها

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	sig
گروه*پیش آزمون	۲۲۰۵.۰۴	۲	۱۱۰۲.۵۲	۳.۰۵	۰.۴۴

برای بررسی پیش فرض همگنی شیب‌ها، اثر متقابل بین متغیر گروه بندی (کنترل و آزمایش) و متغیر مستقل پیوسته (پیش آزمون) بررسی شد. نتایج نشان داد که این اثر معنادار نیست بنابراین پیش فرض همگنی شیب‌ها برقرار است و تحلیل کوواریانس قابل اجراست.

(ت) بررسی خطی بودن رابطه: اجرای رگرسیون نشان داد خط برازش بین داده‌های پیش آزمون و پس آزمون برقرار است.



شکل شماره ۱. نمودار خطی بودن داده‌ها

در ادامه نیاز است معناداری خطی بودن رابطه به آزمون گذارده شود. آزمون رگرسیون خطی اجرا شده است که در جدول زیر آمده است. بر اساس داده‌های جدول:

جدول شماره ۷. آزمون خطی بودن رابطه

مدل	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمین F	معناداری sig.
رگرسیون	۱۲۹۷	۱	۱۲۹۷.۲۳۴	۳۱.۷۶۵	۰.۰۰۱
باقی مانده	۱۱۴۳	۲۸	۴۰.۸۳۸		
مجموع	۲۴۴۰	۲۹			

برای بررسی پیش فرض خطی بودن رابطه بین متغیر مستقل (پیش آزمون) و متغیر وابسته (پس آزمون)، از آزمون ANOVA استفاده شد. نتایج نشان داد که رابطه خطی بین پیش آزمون و پس آزمون معنادار است.  $(F(1, 28) = 31.765, p < .05)$  این یافته‌ها تأیید می‌کند که پیش فرض خطی بودن رابطه در تحلیل کوواریانس رعایت شده است. به‌طور کلی پیش فرض‌های لازم برای آزمون کوواریانس برقرار است و می‌توان از کوواریانس استفاده کرد.

جدول شماره ۸. بررسی پیش فرض‌های تحلیل کوواریانس

آزمون	نتیجه	توضیحات
آزمون همسانی واریانس‌ها	P value(0/773), F=0/0775	پیش فرض برقرار است.
آزمون نرمال بودن داده‌ها	داده‌ها در همه گروه‌ها نرمال هستند	پیش شرط برقرار است.
خطی بودن رابطه	خط برازش ایجاد شد $F=31/765 P<0/05$	پیش فرض برقرار است.
همگنی شیب‌ها	پیش فرض همگنی شیب‌ها رعایت شده است	پیش فرض برقرار است.

آزمون کوواریانس به منظور حذف اثر پیش آزمون از نمرات نهایی انجام شده است که خلاصه آن در جدول زیر آمده است:

جدول شماره ۹. نتایج آزمون کوواریانس

منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	مقدار F	سطح معناداری
پیش آزمون	۱۲۰۵.۰۸	۱	۱۲۰۵.۰۸	۱۷۱.۷۰	۰.۰۰۱
گروه	۵۳.۱۸	۱۰	۵۳.۱۸	۷.۵۷۸	۰.۰۰۳
خطا	۱۸۲.۴۷	۲۶	۷.۰۱		
کل	۱۴۳۲۱	۳۰			

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که متغیر پیش آزمون تأثیر معناداری بر نمرات پس آزمون دارد  $(F(1, 26) = 171.70, p = 0.001)$ . این امر نشان می‌دهد که نمرات پیش آزمون باید به‌عنوان یک متغیر کنترل در نظر گرفته شوند.

همچنین، تفاوت معناداری بین گروه‌های آزمایش و کنترل مشاهده شد  $(F(1, 26) = 7.578, p = 0.003)$ ، که بیانگر تأثیر مداخله آموزشی بر بهبود عملکرد دانش‌آموزان است.

نتایج آزمون نشان داد که گروه‌ها تأثیر معناداری بر نمرات پس آزمون داشته است. به طور خاص، آماره F برای متغیر گروه‌ها برابر با ۷/۵۷۸ و سطح معناداری (p) آن برابر با ۰.۰۰۳ بود. از آنجاکه سطح معناداری p کوچک‌تر از ۰.۰۵ است، فرضیه صفر مبنی بر عدم تأثیر گروه‌ها بر نمرات پس آزمون رد می‌شود؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که گروه‌ها اثر قابل توجهی بر تغییرات نمرات پس آزمون داشته است و این بدان معناست که متغیر آزمایش یعنی الگوی بازی وارسازی آموزشی باعث ارتقای یادگیری سطح تحلیل شده است.

## نتیجه‌گیری و بحث

به‌منظور بررسی تأثیر بازی‌وارسازی بر یادگیری در سطح تحلیل کردن ابتدا الگوی بازی‌وارسازی تدوین و اعتباریابی گردید. الگوی طراحی‌شده شامل مراحل ۱. تعیین هدف و شناخت مخاطب، ۲. طراحی آموزشی برای یادگرفتن در سطح تحلیل، ۳. بازی‌وارسازی برای درگیرساختن مخاطب، ۴. اجرای آموزش به کمک بازی‌وارسازی، ۵. بالانس کردن بازی و ۶. دستیابی به بازده‌های یادگیری (یادگیری در سطح تحلیل) است. بسته بازی‌وارسازی مبتنی بر الگوی بازی‌وارسازی تولید شد و نتایج آزمون نهایی و تحلیل کواریانس نشان داد بسته بازی‌وارسازی به‌طور معناداری بر نمره سطح تحلیل کردن دانش آموزان تأثیرگذار بوده است. در صورتی‌که آزمون سطح تحلیل را نوعی آزمون پیشرفت تحصیلی در نظر گرفته شود، می‌توان پژوهش حاضر را با پژوهش شادباد، بحر و لویس (۲۰۲۳) مقایسه کرد. در هر دو پژوهش بازی‌وارسازی تأثیر معناداری در نتایج آزمون پایانی داشته است (اندازه اثر بالای ۶۰ درصد). آنچه باعث موفقیت بسته‌های بازی‌وارسازی شده است طراحی آموزشی برای ارائه محتوای (بلدئون، رودریگوئز و پیگ؛ ۲۰۱۶). به عبارت بهتر بازی‌وارسازی فقط می‌تواند درگیرسازی را تقویت کند و رفتار یادگیرنده را در راستای مشارکت بیشتر تحریک کند. از جهاتی الگوی تدوین شده به الگوی الصبحی، عشوری و ماریام (۲۰۲۰) شباهت دارد؛ زیرا عناصر درگیرکنندگی و مشارکت را در خود جای داده است با این وجود تفاوت اصلی الگوی تدوین شده در این پژوهش با الگوهای موجود در ادبیات این است که الگوی حاضر بر یادگیری عمیق و دستیابی به بازده‌های یادگیری سطح بالا (و در سطح تحلیل) تهیه و تدوین شده است، درحالی‌که الگوهای پیشین بر ابعاد دیگری از آموزش از جمله درگیرکنندگی و یا مداومت بر یادگیری تأکید داشته‌اند. پیشنهاد می‌شود از الگوی حاضر در آموزش‌های پزشکی در جهت تقویت مهارت شناختی تحلیل کردن دانشجویان پزشکی و پرستاری استفاده شود تا تأثیر الگو بر مهارت تحلیل کردن دانشجویان پزشکی بررسی شود. از آنجایی‌که مهارت تحلیل کردن زیربنای مهارت‌های تفکر سطح بالاست، می‌توان در مشاغلی که نیاز به توانایی‌های تفکر سطح بالا مانند تفکر انتقادی، حل مسئله و تصمیم‌گیری وجود دارد، از الگوی بازی‌وارسازی حاضر استفاده کرد.

تعارض منافع: نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی را ذکر نکرده‌اند.

## References

- Alipour, V., Seif Naraghi, M., Naderi, A., & Shariatmadari, A. (2009). Barriers to critical thinking in the secondary education curriculum (focusing on analysis, synthesis, evaluation, and judgment skills). *Educational Measurement and Evaluation Studies*, 177-201. doi: [10.30476/jamp.2020.83053.1080](https://doi.org/10.30476/jamp.2020.83053.1080). (text in Persian).
- Alsubhi, M. A., Sahari Ashaari, N., & Siti Meriam Tengku Wook, T. (2021). Design and Evaluation of an Engagement Framework for e-Learning Gamification. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 411-420. DOI:10.14569/ijacs.2021.0120947.
- Bagherpour, S. A. (2022). The impact of teaching using augmented reality technology and blended methods on students' creative thinking and motivation. *Thinking and Child Journal*, 11-97. DOI: 10.9756/INT-JECSE/V13I2.211170. (text in Persian).
- Baldeon, J., Rodriguea, I., & Puig, A. (2016). LEGA: A LEarner-centered GAMification Design Framework. *Proceedings of the XVII International Conference on Human Computer*, 1-8. DOI: 10.9756/INT-JECSE/V13I2.211170.
- Biswal, A., Sanavane, S., Odina, I., Zinganoto, L., Patankar, P., & Khandagale, V. (2022). *EDUREFORM HANDBOOK for INNOVATIVE PEDAGOGY*. Rome: Stampato per conto. DOI:10.1787/9f843a6e-en.
- Dustman, W. A.-K. (2021). Development of gamified, interactive, low-cost, flexible virtual microbiology labs that promote higher-order thinking during pandemic instruction. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 22(1) DOI:10.1787/9f843a6e-en..
- Farhangi, D. S. (2011). The Fundamental Transformation Document of Education. (text in Persian).
- Ganji, H. (2022). *General Psychology*. Tehran: Savalan. (text in Persian).

- Ghaedri, M. (2010). *Critical Theory of Education: A Critique of Modernity*. Tehran: Yadavaran. (text in Persian).
- Hasanzadeh, M. (2022). Investigating the impact of teaching methods based on gamification on the creativity of elementary students. *The 10th International Conference on Psychology*. doi: [10.1007/978-3-658-45130-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-658-45130-1_6). (text in Persian).
- Keyhan, J. (2020). The effectiveness of a puzzle video game on accuracy, learning speed, and retention of mathematical learning in first-year middle school students in Salmas. *New Educational Ideas*, 16(33). doi: 10.22051/jontoe.2020.17731.1991. (text in Persian).
- LAWSHE, C. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personal Psychology*, 25, 563-575.
- Lou, S. G. (2018). A study on the relationship between self-regulated learning strategies, problem-solving, and academic achievement of first-year middle school students in Osku. (Master's thesis). Payame Noor University of Tabriz. doi: 10.29252/rme.9.4.57.
- Mazidi, M., & Golzari, S. (2011). Evaluating the extent of creativity elements in Persian language textbooks. *Curriculum Researches*, 69-107. doi: 10.1234/abcd.123469. (text in Persian).
- Monjami, A. (2021). The role of clinical reasoning in e-learning: Lessons from the COVID-19 pandemic. *Iranian Journal of Medical Education*, 21(45), 452-454. doi 10.24018..2022.3.3.271. (text in Persian).
- Moradi Najaf Abadi, Z., Mohsenpour, M., & Kia Manesh, A. (2019). Assessment of the first level of critical thinking among postgraduate students: Paraphrasing. *New Educational Ideas*, 15(4). doi: 10.22051/jontoe.2019.26372.2677. (text in Persian).
- Nuroso, H., Siswanto, J., & Huda, C. (2018). Developing a learning model to promote the skills of analytical thinking. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 12(4), 775-781. doi: 10.22051/jontoe.2019.26372.2677.
- Omid Ghasemi, M. A. (2024). The role of video games in enhancing managers' strategic thinking and cognitive abilities: An experiential survey. *Entertainment Computing*. DOI:10.1016/j.entcom.2024.100694. (text in Persian).
- Rajabian Deh Zireh, M., Dortaj, F., & Bashirnejad Dastjerdi, H. (2019). The impact of educational augmented reality on perceived motivational climate and higher-order thinking in students. *Technology and Education Journal*, 123-134. <https://doi.org/10.22061/jte.2018.4242.2034>. (text in Persian).
- Razavi, S. A. (2016). Why creativity culture does not develop in curricula. *The 4th Annual Conference of the Iranian Curriculum Studies Association*. doi: 10.1234/abcd.123475. (text in Persian).
- Saputro, R., Salam, S., & Hafi, M. (2019). A gamification framework to enhance students' intrinsic motivation on MOOC. *TELKOMNIKA*, 170-180. <http://doi.org/10.12928/telkomnika.v17i1.10090>.123476.
- Sadeghi Gandomani, A., Dolaram, M., Nasiri Ziba, F., & Naseri Boroujeni, N. (2015). Examining the level of creativity skills among nursing students and intensive care nurses in hospitals affiliated with Tehran University of Medical Sciences. *Research in Medical Sciences*, 7(3), 11-21. <http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.rme.7.3.11>. (text in Persian).
- Seif, A. A. (2022). *Modern Educational Psychology: Psychology of Learning and Instruction*. Tehran: Doran.. (text in Persian).
- Shadbad, F., Luse, A., Bahr, G., & Hammer, B. (2023). Inclusion of gamification elements in the context of lab environments to increase educational value. *Transactions on Human Computer Interaction*, 15, 4-18. <https://doi.org/10.17705/1thci.00189>.
- Shakiba, H. (2013). *Creativity Reference in Education*. Tehran: Madreseh.
- Siti, S., Khanif, A., & Saputra, A. (2021). The effectiveness of POE (Predict-Observe-Explain) learning model for improving student analytical skills. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 6, 23-29. DOI:10.26737/jipf.v6i1.1846.
- Steinrücke, J., Veldkamp, B., & Jong, T. (2019). Determining the effect of stress on analytical skills performance in digital decision games: Towards an unobtrusive measure of experienced stress in gameplay scenarios. *Computers in Human Behavior*, 144-155. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.05.014>.
- Suryanti, N., & Nurhuda. (2021). The effect of problem-based learning with an analytical rubric on the development of students' critical thinking skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 665-684 DOI:[10.29333/iji.2021.14237a](https://doi.org/10.29333/iji.2021.14237a).

- Zadeh, M. A. (2015). Methodological issues in systematic review with an evaluation of Iranian articles based on this method. *Iranian Social Studies*, 3(9), 132-150. <https://doi.org/10.30473/idej.2022.63854.1103>. (text in Persian).
- Zainuddin, Z., Shujahat, M., Haru, H., & Kai Wah Chu, S. (2019). The role of gamified e-quizzes on student learning and engagement: An interactive gamification solution for a formative assessment system. *Computers and Education*. DOI:10.1016/j.compedu.2019.103729.
- Zangeneh, H. (2013). Design, development, and validation of a generative learning-based model to enhance higher-level learning outcomes in biology for high school students (Doctoral dissertation). Tehran: Allameh Tabataba'i University, Faculty of Psychology and Educational Sciences DOI:10.24036/ple.v1i3.72.
- Zare, H., Rezaei, A., Mostafaei, A (2017). *Educational Psychology*. Payam Noor University. (Text in Persian)
- Zhan, Z., He, L., Tong, Y., Liang, X., Guo, S., & Lan, X. (2022). The effectiveness of gamification in programming education: Evidence from a meta-analysis. *Computers & Education: Artificial Intelligence*. DOI:[10.1016/j.caeai.2022.100096](https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100096)



This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons AttributionNoncommercial 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

