LBCIJ.Vol. 4, No.3, 2025
Learner-Based Curriculum and Instruction Journal (LBCIJ)
EISSN: 3060-5857
Journal Homepage:LBCIJ.Tabrizu.ac.ir

The Effect of Flipped Learning and Computer Simulations on Motivation and Creativity in Biology Education

Marzieh Keramati Nojedeh Sadat[1]✉, Abdulrahman Khaje[2]

1. Corresponding Author, Department of Biology Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran (E-mail: m.keramati@cfu.ac.ir)
2. MA in Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran (E-mail: rahmankhaje23@gmail.com)

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 2 October 2024
Revised: 31 January 2025
Accepted: 23 Februaury 2025
Published: 21 December 2025

Keywords:
biology, computer simulation, creativity, flipped learning, motivation

ABSTRACT

Objective: This study investigates the impact of flipped learning and computer simulation on the creativity and academic motivation of twelfth-grade biology students in Garmeh.

Method: This applied research was conducted as a quasi-experimental study with a pre-test/post-test design and a control group. The statistical population included 150 twelfth-grade experimental students during the 2022-2023 academic years. From this population, 40 students were selected through simple random sampling and divided into two groups: a control group (conventional method) and an experimental group (flipped learning with computer simulation). Data collection tools included the Academic Motivation Scale (AMS) by Vallerand (1992) and the Creativity Scale by Abedi (2009).

Results: Results showed no significant changes in mean creativity and motivation in the control group; however, the experimental group exhibited an increase in mean creativity in the post-test. Furthermore, creativity scores in the experimental group surpassed those of the control group. Descriptive statistics indicated minimal change for the control group, while the experimental group showed a significant increase in the post-test. Academic motivation remained unchanged in the control group, but the experimental group improved from 104.3 in the pre-test to 128.6 in the post-test. Analysis of covariance revealed a significant difference for the experimental group at $p<0.05$.

Conclusion: Therefore, the results of the study indicate the positive effect of flipped learning and computer simulation on students' creativity and academic motivation. The innovation of this research is in the use of interactive simulation as an educational tool in the teaching-learning process in flipped learning, which specifically helps to better understand gene expression and protein synthesis. It is suggested that this simulation be used to optimize the teaching-learning process.

Cite this article: Keramati Nojedeh Sadat, M., & Khaje, A. (2025). The Effect of Flipped Learning and Computer Simulations on Motivation and Creativity in Biology Education. *Journal of Learner Based Curriculum and Instruction*, *4*(3), 17-38. DOI: 10.22034/cipj.2025.63815.1175

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.

Extended Abstract

Introduction

In the present research, biology as one of the fundamental subjects of basic sciences plays a key role in the education system, especially in secondary school. The advancements in new technologies have created a great transformation in the education process and have contributed significantly to facilitating learning. These technologies not only enhance students' motivation and creativity, but also enable the creation of interactive and engaging learning environments. One of the new and effective methods in this field is the use of flipped learning along with educational simulation, which provides students with a deeper understanding of biological concepts by providing practical and tangible experiences.

Method

The present study is applied in terms of purpose and is quantitative and quasi-experimental with a pretest-posttest design and a control group. The statistical population of this study was the experimental 12th grade students of Garmeh city in the academic year 2022-2023, which is equal to 150 people. Of these, 80 were boys and 70 were girls. The subjects were selected from 40 boy students by simple random selection and were divided into two experimental groups (20 students) under reversed learning training with the help of a PhET simulator and a control group (20 people) using the traditional method.

The data collection tool included two types of questionnaires to examine the motivation and creativity of the students. To determine the creativity data, after implementing the conventional method and reversed learning, the Abedi Creativity Questionnaire (2009) was used, and to determine the level of academic motivation, the AMS Wallerand Educational Questionnaire (1992) was used.

The data were analyzed in two parts: descriptive and inferential statistics. In the descriptive statistics section, mean and standard deviation were used, and in the inferential statistics section, multivariate analysis of covariance (MANCOVA) was performed in SPSS version 22 software.

Result

Following the analysis of the qualitative data, the level of learning in biology has changed in the experimental group. Statistically, these results show that the difference between the averages of the two groups in learning biology is significant, and in other words, the flipped learning method has increased the average learning in biology in the experimental group from 104.3 to 128.6. Also, considering the eta coefficient of 0.358, it can be stated that flipped learning and computer-based simulation explain 35.8% of learning in biology. The results of analysis of variance and analysis of covariance showed that the experimental group had a significant difference at a significance level of $p<0.05$. Thus, in response to this hypothesis, it should be said that flipped learning and computer-based simulation increase students' learning in biology, and therefore the hypothesis is confirmed. In addition, the flipped learning method and computer-based simulation have led to an increase in the academic motivation of 12th grade students in biology in Garmeh city.

Conclusion

The present study showed that flipped learning and computer-based simulation have a positive effect on the level of creativity and academic motivation of 12th grade female students in Garmeh city, leading to increased creativity and motivation. Research has shown that the use of computer simulations can lead to increased student motivation. By creating engaging learning experiences, these tools encourage students to participate more actively in the learning process. Simulations allow students to make mistakes and learn from their experiences in a safe environment, which in turn helps to enhance creativity and critical thinking. Computer simulations can also help students better relate to abstract and complex biological concepts. For example, observing and interacting with biological processes in a simulated environment can provide a deeper understanding of these concepts and give students more motivation to learn.

دوره: چهارم / شماره: ۳
فصلنامه برنامه درسی و آموزش یادگیرنده محور
E-ISSN=3060-5857
سامانه lbcij.tabrizu.ac.ir

تأثیر یادگیری معکوس و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای بر انگیزش و خلاقیت در آموزش زیست‌شناسی

مرضیه کرامتی نوجه ده سادات [۱]✉، عبدالرحمن خواجه [۲]

۱. نویسنده مسئول، گروه آموزش زیست شناسی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵ تهران، ایران (رایانامه: m.keramati@cfu.ac.ir)
۲. کارشناسی ارشد آموزش زیست شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران (رایانامه: rahmankhaje23@gmail.com)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۱ مهر ۱۴۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۲ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۵ اسفند ۱۴۰۳
تاریخ انتشار: ۳۰ آذر ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
انگیزش، خلاقیت، زیست‌شناسی، شبیه‌سازی رایانه، یادگیری معکوس

چکیده

هدف: مطالعه حاضر به بررسی تأثیر یادگیری معکوس و شبیه‌سازی رایانه‌ای بر خلاقیت و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه پرداخته است.

روش پژوهش: این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و به‌صورت شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل انجام شده است. جامعه آماری شامل ۱۵۰ دانش‌آموز پایه دوازدهم تجربی در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بود که از میان آن‌ها، ۴۰ نفر به‌صورت تصادفی ساده انتخاب و به دو گروه کنترل (روش متداول) و آزمایشی (روش یادگیری معکوس با شبیه‌سازی رایانه‌ای) تقسیم شدند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها شامل پرسشنامه انگیزش (AMS) والرند (۱۹۹۲) و خلاقیت عابدی (۱۳۸۹) بود.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که میانگین خلاقیت و انگیزش در گروه کنترل تغییر معناداری نداشت، اما در گروه آزمایشی، میانگین خلاقیت در پس‌آزمون افزایش یافت. همچنین، نمرات خلاقیت در گروه آزمایش بیشتر از گروه کنترل بود. آمار توصیفی خرده‌مقیاس‌های خلاقیت نشان داد که گروه کنترل تغییر چندانی نداشت، در حالی که گروه آزمایش در پس‌آزمون افزایش معناداری را نشان داد. انگیزش تحصیلی نیز در گروه کنترل تغییر نکرد، اما گروه آزمایش از ۱۰۴/۳ در پیش‌آزمون به ۱۲۸/۶ در پس‌آزمون رسید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل کوواریانس نشان داد که گروه آزمایش در سطح معناداری $p<۰/۰۵$ تفاوت قابل توجهی دارد.

نتیجه‌گیری: بنابراین، نتایج مطالعه نشان‌دهنده تأثیر مثبت یادگیری معکوس و شبیه‌سازی رایانه‌ای بر خلاقیت و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان است. نوآوری این پژوهش در به‌کارگیری شبیه‌سازی تعاملی به عنوان یک ابزار آموزشی در فرآیند یاددهی-یادگیری در آموزش معکوس است، که به طور خاص به درک بهتر بیان ژن و پروتئین‌سازی کمک می‌کند. پیشنهاد می‌شود از این شبیه‌سازی برای بهینه سازی فرآیند یاددهی-یادگیری استفاده گردد.

استناد: کرامتی نوجه ده سادات، مرضیه؛ و خواجه، عبدالرحمن (۱۴۰۴). تأثیر یادگیری معکوس و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای بر انگیزش و خلاقیت در آموزش زیست‌شناسی. *برنامه درسی و آموزش یادگیرنده محور*، ۴(۳)، ۳۸-۱۷. DOI: 10.22034/cipj.2025.63815.1175

ناشر: دانشگاه تبریز.

© نویسندگان.

مقدمه

در عصر حاضر، زیست‌شناسی به عنوان یکی از ارکان اساسی علوم پایه، نقش کلیدی در نظام آموزشی، به ویژه در دوره متوسطه، ایفا می‌کند. پیشرفت‌های فناوری‌های نوین، تحولی شگرف در فرآیند آموزش و پرورش ایجاد کرده و به تسهیل یادگیری کمک شایانی نموده است. این فناوری‌ها نه تنها انگیزه و خلاقیت دانش‌آموزان را تقویت می‌کنند، بلکه امکان ایجاد محیط‌های یادگیری تعاملی و جذاب را فراهم می‌آورند. یکی از روش‌های نوین و مؤثر در این زمینه، استفاده از یادگیری معکوس به همراه شبیه‌سازی آموزشی است که با ارائه تجربیات عملی و ملموس، درک عمیق‌تری از مفاهیم زیستی را برای دانش‌آموزان به ارمغان می‌آورد.

در آموزش علوم، ارزش روش‌شناسی سازنده‌گرایی با یادگیری تجربی و عملی ادغام شده و چارچوبی برای آموزش و یادگیری ارائه می‌دهد. در زمان‌های اخیر، به‌ویژه قبل و بعد از همه‌گیری، با توجه به استفاده از روش‌های مختلف آنلاین در آموزش علوم، نیاز به رویکردی مکمل برای محتوا و تجربیات در محیط آنلاین احساس می‌شود. یک رویکرد ترکیبی که تجربیات و آموزش‌های حضوری را با فرصت‌های یادگیری آنلاین و ارائه محتوا ادغام می‌کند، هنگامی که با سازنده‌گرایی ادغام گردد، قادر است چارچوب مناسبی برای کلاس درس معکوس ایجاد کند. کلاس درس معکوس سازنده‌گرا با هدایت فرصت‌های یادگیری فعال چهره به چهره، به کشف درک مفهومی از طریق تمرین و سپس ارائه محتوا عمدتاً از طریق مکانیسم‌های آنلاین صورت می‌گیرد. در این فرآیند، معلم با رویکردی ترکیبی از تدریس، یادگیری و طراحی برنامه درسی، دوره‌ای را به‌طور مؤثر اجرا می‌کند که در هر دو دوره به دانش‌آموزمحور و معلم‌محور توجه دارد (رابرتسون[1]، ۲۰۲۲). استفاده از فناوری ویدئو در یادگیری معکوس به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که محتوای آموزشی را در خارج از کلاس به خوبی درک کنند و در کلاس حضوری به بحث و حل مسائل دشوار بپردازند. ارائه محتوا می‌تواند به اشکال گوناگون باشد، اما جلب توجه دانش‌آموزان و استفاده از رایانه دو عنصر اساسی آن است. دانش‌آموزان می‌توانند ویدئوهای آموزشی معلم، پادکست‌ها، دستورالعمل‌های الکترونیکی، نمایش‌های تصویری، کاوش‌های خاص در سایت یا نسخه‌های دیجیتال را در خارج از کلاس مورد بررسی قرار دهند. طراحی، هماهنگی، اجرا و ارزیابی دقیق دوره‌ای که به‌طور کامل از کلاس درس بهره‌برداری می‌کند، ضروری است (ایلی[2]، ۲۰۱۹).

شبیه‌سازی تکنیکی برای تمرین و یادگیری است که می‌تواند در بسیاری از رشته‌ها و کارآموزان مختلف اعمال شود. این یک تکنیک (نه یک فناوری) برای جایگزینی و تقویت تجربیات واقعی با تجربیات هدایت‌شده است که جنبه‌های اساسی دنیای واقعی را به شیوه‌ای کاملاً تعاملی تداعی یا تکرار می‌کند. شبیه‌سازی دارای دو مزیت اساسی است: الف) یکی از مؤثرترین ابزارها برای تسهیل یادگیری مهارت‌های پیچیده در سراسر حوزه‌های علمی و ب) انواع مختلف چارچوب‌ها می‌توانند در مراحل مختلف توسعه دانش و مهارت‌ها، یادگیری مبتنی بر شبیه‌سازی را تسهیل کنند (چرنیکووا[3] و همکاران، ۲۰۲۰).

شبیه‌سازی یک ابزار یادگیری قدرتمند است، اما مانند هر روش آموزشی و یادگیری دیگر، نیاز به درک طراحی، اجرای صحیح، ادغام نظریه‌های آموزشی صحیح و شیوه‌های آموزشی مناسب دارد. متأسفانه، تحقیقات کمی در باره ادغام نظریه آموزشی در چارچوب مفهومی، تحقیق یا طراحی رویداد یادگیری مبتنی بر شبیه‌سازی وجود دارد. طیف وسیعی از نظریه‌های یادگیری آموزشی می‌توانند برای فعالیت‌های یادگیری مبتنی بر شبیه‌سازی به کار برده شوند که به چهار مورد، یعنی رفتارگرایی، نظریه شناختی اجتماعی، ساخت‌گرایی و یادگیری تجربی اشاره می‌شود. با این حال، بیش از یک نظریه به احتمال زیاد برای هر رویداد یادگیری مبتنی بر شبیه‌سازی خاص اعمال می‌شود که اثربخشی فعالیت‌های یادگیری را بهبود می‌بخشد (راس[4]، ۲۰۲۱).

فعالیت‌های یادگیری مبتنی بر شبیه‌سازی فرصتی بی‌نظیر برای به کارگیری اصول سازنده‌گرایی در فرآیند یادگیری دانش‌آموزان فراهم می‌آورد. این نوع فعالیت‌ها به یادگیرندگان این امکان را می‌دهد که از طریق تجربیات عملی و تعاملات فعال، دانش و مهارت‌های خود را توسعه دهند. با این حال، طراحی مؤثر شبیه‌سازی و ایجاد یک محیط یادگیری مناسب، از عوامل کلیدی برای تضمین موفقیت این نوع یادگیری به شمار می‌رود. از آنجایی که ساخت‌گرایی بر این اصل استوار است که یادگیرندگان

1. Robertson
2. Ilie
3. Chernikova
4. Ross

خود مسئول شکل‌دهی به فرآیند یادگیری خود هستند، تسهیل‌کننده‌های شبیه‌سازی باید برای پذیرش تجربیات و برداشت‌های متنوع دانش‌آموزان از یک رویداد شبیه‌سازی آماده باشند. این آمادگی به تسهیل‌کنندگان این امکان را می‌دهد که به درک عمیق‌تری از نیازها و چالش‌های یادگیرندگان دست یابند و به آن‌ها کمک کنند تا از تجربیات خود به بهترین نحو بهره‌برداری کنند (دیمن و رینگستد[1]، ۲۰۱۳).

نظریه یادگیری تجربی، به عنوان یکی از پرکاربردترین نظریه‌ها در زمینه یادگیری مبتنی بر شبیه‌سازی، نقش مهمی در طراحی و اجرای فعالیت‌های آموزشی ایفا می‌کند (کسکیتالو[2]، ۲۰۱۵). شبیه‌سازی‌ها به صورت‌های مختلفی وجود دارند که مهم‌ترین آن‌ها شبیه‌سازی فیزیکی، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، شبیه‌سازی اجتماعی و شبیه‌سازی مجازی است. شبیه‌سازی فیزیکی (کراجیک و شین[3]، ۲۰۱۴) در پزشکی و مراقبت‌های بهداشتی استفاده می‌شود. این نوع به‌مانند همه ابزارهای آموزشی، باید به‌طور مناسب برای دستیابی به نتایج مطلوب مورد استفاده قرار گیرد. هنگام در نظر گرفتن عناصر طراحی آموزشی در سناریوهای شبیه‌سازی، مربیان باید نظریه بارشناختی، روش‌های طراحی خاص، وفاداری و اعتبار آموزش مبتنی بر شبیه‌سازی را در نظر بگیرند. همچنین در طراحی برنامه‌های شبیه‌سازی، مربیان باید آموزش و توسعه اساتید را مورد توجه قرار دهند (اولری[4]، ۲۰۲۴). شبیه‌سازی طراحی‌شده برای مسابقه زیلارد[5] در سال ۲۰۱۹ به عنوان ابزاری مؤثر برای آموزش مبتنی بر تحقیق معرفی شده است. این شبیه‌سازی روشی عملی برای دانش‌آموزان فراهم می‌آورد که برخی از پیچیدگی‌های تولید انرژی را به‌خوبی درک کنند. این ابزار به‌ویژه برای برنامه درسی علوم یکپارچه مناسب است، زیرا به الگوبرداری از موضوعاتی می‌پردازد که نه تنها در حوزه فیزیک، بلکه در زمینه‌های فنی، مالی، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز ریشه دارند (تارجان[6]و همکاران، ۲۰۲۴). در شبیه‌سازی رایانه‌ای، انواع نرم‌افزارهایی وجود دارند که محیط‌های واقعی را شبیه‌سازی می‌کنند. شبیه‌سازی‌های پزشکی که به دانشجویان در تمرین مهارت‌های بالینی کمک می‌کند، از این نوع است (بن اواهی، ۲۰۲۱).

شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای کاربردهای زیادی در زمینه‌های علوم، مهندسی امروزی و امور مالی دارند. هنگامی که این ابزار آموزشی به درستی استفاده شود، می‌تواند به عنوان یک ابزار قدرتمندی برای آموزش محسوب شود. شبیه‌سازی‌های آموزشی باید به اندازه‌ای ساده باشند که فرآگیران بتوانند آن‌ها را براساس اهداف آموزشی به راحتی استفاده کنند، با این حال باید ویژگی‌های اصلی پدیده شبیه‌سازی شده را منعکس کنند. معمولاً سه ویژگی شبیه‌سازی باید در نظر گرفته شود: الف) اندازه و هزینه: سیستم‌های بزرگ و پیچیده‌ای که نمی‌توان به کلاس آورد، مانند نیروگاه‌ها و شتاب‌دهنده‌ها؛ همچنین باید بسیار ساده باشند تا دانش‌آموزان بتوانند به راحتی مفاهیم علمی را درک کنند؛ ب) دستکاری زمان: شبیه‌سازی‌ها باید فرآیندهای سریع را "آهسته" کنند (انتقال نوترون در یک راکتور هسته‌ای) یا سرعت فرآیندهای آهسته را بیافزایند (تکامل رادیواکتیویته زباله‌های هسته‌ای در طول قرن‌ها)؛ ج) تعامل: دانش‌آموزان می‌توانند آزمایش‌های خلاقانه انجام دهند و این برخلاف عملکرد فیلم‌ها یا انیمیشن‌ها است که دانش‌آموزان به مانند ناظران منفعل هستند (تارجان و همکاران، ۲۰۲۴).

در آموزش از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مختلف مانند فت[7] و آلگودو[8] استفاده می‌شود. فت شبیه‌سازی است که توسط دانشگاه کلرادو توسعه داده شده و یکی از رایج‌ترین نرم‌افزارهای آسان برای استفاده در آموزش علوم است. شبیه‌سازی‌های فت برای مبانی آموزش فیزیک، زیست‌شناسی و شیمی طراحی شده‌اند که به راحتی می‌توان در کلاس درس انجام داد (تارنمای فت[9]). استفاده از رسانه شبیه‌سازی فت، در صورتی که با آماده‌سازی دقیق و شناخت جامع از مراحل به‌کارگیری آن همراه باشد، می‌تواند حداکثر نتایج را به ارمغان آورد (کروبتونگ[10]، ۲۰۱۵). برخی از روش‌های آموزشی که شبیه‌سازی‌های فت را استفاده می‌کنند و برای

1. Dieckmann, & Ringsted
2. Keskitalo
3. Krajcik & Shin
4. O'Leary
5. Szilárd
6. Tarján et al.
7. PhET
8. Algodoo
9. https://phet.colorado.edu/
10. Krobthong

افزایش درک مفهومی به کار می‌روند، شامل فعالیت‌های مبتنی بر پروژه، آزمایش‌های مجازی، فعالیت‌های یادگیری مبتنی بر مسئله و فعالیت‌های یادگیری داربستی است. این نتایج بر مبنای مطالعات گوناگونی است که در کشورهای مختلف و سیستم‌های آموزشی مختلف صورت گرفته است (باندا و نزاباهیمانا[1]، ۲۰۲۱). بنابراین، از طریق شبیه‌سازی فت می‌توان به منظور بهبود خلاقیت دانش‌آموزان در درس علوم استفاده کرد (آستوتیک و پرهانی[2]، ۲۰۱۸). شبیه‌ساز الگودو نرم‌افزار آموزشی دیگری است که برای آموزش مباحث فیزیک در محیط آموزشی رایانه مناسب است (کایواز و اکچای[3]، ۲۰۱۸).

انگیزه دانش‌آموزان به عنوان یک عامل مهم در فرآیندهای یادگیری تصور شده است. در مطالعات اخیر، طبق نظریه خود تعیینی[4]، که یک نظریه گسترده در توسعه انسانی و سلامتی با پیامدهای قوی برای آموزش است، چارچوبی گسترده برای درک عواملی است که انگیزه درونی و بیرونی، سلامت روانی و همچنین مسائل مرتبط با محیط‌های آموزشی را تسهیل یا تضعیف می‌کند (رایان و دسی[5]، ۲۰۲۰). انگیزه ذاتی یا درونی، رضایت، شادی و علاقه فرد را ایجاد می‌کند و به فشارهای بیرونی وابسته نیست. انگیزه درونی، برخلاف یادگیری و آموزش اجباری خارجی، به احتمال زیاد مسئول برتری یادگیری انسان در طول زندگی است. بازی، کاوش و فعالیت‌های ناشی از کنجکاوی نمونه‌ای از رفتارهای با انگیزه ذاتی یا درونی هستند (رایان و دسی، ۲۰۱۷). آموزش مبتنی بر شبیه‌سازی می‌تواند حاوی موقعیت‌های عاطفی زیادی باشد. فراگیران در هنگام استفاده از شبیه‌سازی، واکنش‌های عاطفی از خود بروز می‌دهند که می‌تواند تأثیر زیادی بر توجه به مطالب و یادآوری رویدادهای دریافتی در هنگام به‌کارگیری شبیه‌سازی داشته باشد. علاوه بر این، این واکنش‌ها می‌توانند بر قضاوت‌ها، رویکردهای حل مسئله و انگیزه آن‌ها برای شرکت در رفتارهای یادگیری تأثیر بگذارند. چنین احساساتی به سادگی وجود دارند و در برخی مواقع، می‌توانند نحوه تعامل با دنیای اطراف را تقویت یا مختل کنند (لبلانک و پوسنر[6]، ۲۰۲۲).

در سال‌های اخیر، تمایل به خلاقیت در حوزه آموزش به‌طور چشمگیری افزایش یافته است (هوآنگ[7] و همکاران، ۲۰۱۹). چنین افزایشی ناشی از شواهد تجربی است که به نقش مثبت خلاقیت در بهبود نتایج تحصیلی و اجتماعی، از جمله عملکرد تحصیلی، اشاره دارد (فنچینی[8]و همکاران، ۲۰۱۸). خلاقیت علمی برای رویارویی با چالش‌ها و فرصت‌های جهانی شدن در قرن بیست و یکم ضروری به نظر می‌رسد. مطالعات متعدد بیان کرده‌اند که خلاقیت علمی بر پایداری جامعه تأثیر حیاتی دارد (دوریس و لوبارت[9]، ۲۰۱۹).

بر اساس نظریه شغلی شناختی اجتماعی[10]و مدل ترکیبی خلاقیت[11]، انگیزه علمی و فرآیند خلاق به طور بالقوه در ایجاد خلاقیت علمی دخیل هستند. انگیزه علمی درونی شامل مشارکت در فرآیند خلاق و خلاقیت علمی است. علاوه بر این، تولید ایده و انگیزه درونی به طور مستقیم خلاقیت علمی را هدایت می‌کند. انگیزه‌های بیرونی نیز بر خلاقیت علمی به وسیله انگیزه درونی و دخالت در فرآیند خلاق تأثیر می‌گذارند. در نتیجه، انگیزه‌های علمی مرتبط با درونی، عامل حیاتی برای ارتقای خلاقیت علمی هستند. افزایش درک ما از اینکه چگونه انگیزه علمی و مشارکت در فرآیند خلاقانه به خلاقیت علمی کمک می‌کند، برای توسعه برنامه‌های مداخله هدفمند برای بهبود آموزش علوم بسیار مهم است. با شناسایی دانش‌آموزانی که سطوح پایین‌تری از انگیزه درونی را در درس‌های علوم نشان می‌دهند، معلمان می‌توانند سریعتر دریابند و از کم‌توانی دانش‌آموزان پیشگیری کنند (شیانگ[12] و همکاران، ۲۰۲۴).

1. Banda, Nzabahimana
2. Astutik, Prahani
3. Cayvaz & Akcay
4 Self determination theory
5. Ryan & Deci
6. LeBlanc & Posner
7. Huang
8. Fanchini
9. de Vries & Lubart
10. Social Cognitive Career Theory
11. Combined Creativity Model
12. Xiang

براساس ادبیات پژوهشی در مورد تأثیر یادگیری معکوس و انواع شبیه‌سازی‌ها در آموزش، رجبیان و همکاران (۱۴۰۲) شبیه‌سازی تعاملی را بر جو انگیزشی و خودآگاهی هیجانی دانش‌آموزان دوره ابتدایی مطالعه کردند. آن‌ها توضیح دادند که شبیه‌سازی تعاملی می‌تواند باعث افزایش تمام مؤلفه‌های انگیزشی و خودآگاهی دانش‌آموزان شود. بشگزی و معماریان (۱۴۰۱) به بررسی استفاده از سه نرم‌افزار شبیه‌سازی اچ اف اس اس[1]، سیستم طراحی پیشرفته[2]و کامسول[3]در طراحی و اجرای درس شبیه‌سازی الکترومغناطیس پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که ارائه آزمایشگاه شبیه‌سازی در الکترومغناطیس، با آموزش این سه نرم‌افزار، به‌خوبی به نیازهای اساسی پاسخ می‌دهد. این آزمایشگاه باعث افزایش انگیزه و اشتیاق دانشجویان نسبت به این رشته، ورود آن‌ها به بازار کار یا ادامه تحصیل و به‌روزرسانی و تقویت دانش آن‌ها در این حوزه می‌شود. شریفاتی و همکاران (۱۴۰۰) به مطالعه تأثیر آموزش درس شیمی با بهره‌گیری از شبیه‌سازی‌های آموزشی بر توانایی فضایی و مهارت‌های حل مسئله پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که به‌کارگیری شبیه‌سازی در تدریس شیمی بر بهبود توانایی فضایی و مهارت‌های حل مسئله فراگیران تأثیرگذار بوده و موجب افزایش این مهارت‌ها در آن‌ها می‌شود. بادله (۱۳۹۶) به بررسی مقایسه آموزش مبتنی بر شبیه‌سازی با رویکرد سازنده‌گرایی و سیستماتیک بر یادگیری و یادداری پرداخت. نتایج حاصل از داده‌ها نشان داد که طراحی محیط آموزشی با نرم‌افزار سیسکو پکت[4] باعث افزایش یادگیری و یادداری در هر دو گروه آزمایش شده است و میزان آن در گروه رویکرد سازنده‌گرایی بیشتر از رویکرد سیستماتیک است.

ایشیموه و روتگوا[5](۲۰۲۴) تأثیر شبیه‌سازی فت بر درک مفهومی سنتز پروتئین در دوره ابتدایی را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که این آموزش تأثیر خوبی بر درک مفهومی سنتز پروتئین و نگرش آن‌ها نسبت به سنتز پروتئین داشته است. ساستاموینن و همکاران (۲۰۲۴) در مورد بازی شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه به‌عنوان روشی برای یادگیری فرآیند دارویی، توضیح دادند که این بازی می‌تواند انگیزه و یادگیری دانش‌آموزان را تقویت کند. ولی دانش‌آموزان تأکید داشتند که این بازی نمی‌تواند جایگزین دیگر روش‌های یادگیری شود و بهتر است به‌عنوان یک ابزار مکمل در یادگیری مستقل استفاده شود. هسو و وو[6](۲۰۲۳) در مورد اثربخشی ترکیب بازی‌های شبیه‌سازی کسب وکار با یادگیری مبتنی بر پروژه در یک محیط کلاس درس معکوس، به این نتیجه رسیدند که بازی‌های شبیه‌سازی کسب وکار همراه با یادگیری کلاس‌های معکوس تأثیر مثبت قابل‌توجهی بر یادگیری دانش‌آموزان داشته و توانایی‌های حل مسئله، تفکر انتقادی و خلاقیت آن‌ها افزایش یافته است. ساپوتری[7](۲۰۲۱) در پژوهشی به کمک شبیه‌سازی فت نشان می‌دهد که داربست مبتنی بر رایانه با شبیه‌سازی فت می‌تواند یک راه‌حل یادگیری آنلاین باشد که همراه با یادگیری آفلاین به بهبود مهارت‌های فرآیند علمی دانش‌آموزان کمک کند. زندلر و گرینر[8] (۲۰۲۰) به مطالعه دو روش آزمایش و شبیه‌سازی رایانه‌ای بر نتایج یادگیری در آموزش شیمی پرداختند. آن‌ها بیان کردند که هر دو باعث افزایش یادگیری شده‌اند و می‌توان این دو روش را به عنوان روش‌های مکمل محسوب کرد. هاریادی و پوجیاستوتی[9](۲۰۲۰) تحقیقی درباره استفاده از شبیه‌سازی فت بر دستاوردهای یادگیری دما و گرما انجام دادند. نتایج نشان داد که استفاده از یادگیری فیزیک با به‌کارگیری شبیه‌سازی فت بر روی دما و مواد حرارتی بالاتر از گروه کنترل با استفاده از یادگیری مستقیم ایجاد کرده است. درنتیجه، یادگیری مبتنی بر نرم‌افزار شبیه‌سازی فت، یک یادگیری تعاملی در یادگیری فیزیک است. سیاهان[10] و همکاران (۲۰۱۷) در باره مهارت‌های علمی در حرکت خطی با به‌کارگیری شبیه‌سازی رایانه‌ای بیان می‌داردند که تغییرات مهارتی، از جمله ۴۳ درصد در خلاصه‌نویسی و ۷۰ درصد در پیش‌بینی، وجود دارد. بنابراین، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای در آموزش فیزیک قادرند، مهارت‌های علوم را به طور

1. High-Frequency Structure Simulator (HFSS)
2. Advanced Design System (ADS)
3. COMSOL
4. Cisco Packet
5. Ishimwe, & Rutegwa
6. Hsu & Wu
7. Saputri
8. Zendler & Greiner
9. Haryadi & Pujiastuti
10. Siahaan

متوسط بهبود بخشند. یون و کیم[1](۲۰۱۷) در پژوهشی بیان داشتند که هرگاه آموزش مبتنی بر شبیه‌سازی با یادگیری تیمی یا مشارکتی ترکیب شود، مهارت‌های ارتباطی و عملکرد دانشجویان پرستاری بهبود می‌یابد. بنابراین، استفاده از روش ترکیبی در آموزش به منظور بهبود نتایج آموزشی پیشنهاد شد. کروبتونگ[2](۲۰۱۵) در مورد استفاده از روش‌های شبیه‌سازی علوم تعاملی و سنتی در مبحث مبانی فیزیک در دوره آموزش عالی بیان می‌دارد که آموزش از این طریق دارای درک بیشتری نسبت به روش سنتی برای مباحث فیزیک از جمله جلوه‌های فوتوالکتریک است و استفاده از نرم‌افزار فت باعث افزایش یادگیری شده است.

برخی از مفاهیم در آموزش زیست‌شناسی نامفهوم و پیچیده هستند. بنابراین، نیاز به فرآیندهای آموزشی توضیحی دارند. این فرآیندهای آموزشی باید مهارت‌های فرآیند علمی دانش‌آموزان را نیز توسعه دهند. احتمالاً، شبیه‌سازی به کمک رایانه یکی از مواردی است که می‌تواند به کمک راهبردهای آموزشی دیگر مانند یادگیری در کلاس معکوس به آموزش کمک کند. با بررسی پیشینه ادبیات پژوهش، مطالعات مختلفی در مورد انواع شبیه‌سازی‌ها و در دروس مختلف و دوره‌های گوناگون تحصیلی اعم از ابتدایی تا آموزش عالی صورت گرفته است. منتهی پژوهشی در باره مفاهیم پیچیده زیست‌شناسی مخصوصا در دوره دوم متوسطه، استفاده از انواع نرم افزارهای شبیه‌سازی، کمبود اطلاعات در ارتباط با درک و فهم دانش‌آموزان از محتوای شبیه‌سازی از مواردی است که نیاز به پژوهش است. علاوه براین، در شهرستان گرمه، امکانات آموزشی مانند دست‌سازه یا مولاژها، فیلم‌های آموزشی در زمینه پروتئین‌سازی وجود ندارد، ولی دسترسی دانش‌آموزان به موبایل و اینترنت به خوبی است. بنابراین، هدف این پژوهش، بررسی فرضیه زیر است:

یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر خلاقیت و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه دوازدهم درس زیست‌شناسی در شهرستان گرمه تأثیر دارد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و به صورت کمی و نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل است. اطلاعات مربوط به روش یادگیری معکوس، شبیه‌سازی، مباحث خلاقیت، انگیزه تحصیلی و پیشینه پژوهش به صورت کتابخانه‌ای از کتاب‌های مرجع و مقاله‌های معتبر تهیه شده است. همچنین داده‌های کسب‌شده از پرسشنامه به صورت میدانی انجام شده است.

جامعه آماری این پژوهش، دانش‌آموزان پایه دوازدهم تجربی شهرستان گرمه در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بود که برابر با ۱۵۰ نفر است. از این تعداد، ۸۰ نفر پسر و ۷۰ نفر دختر بودند. آزمودنی‌ها از بین ۴۰ نفر دانش‌آموز پسر به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند که به دو گروه آزمایش (۲۰ نفر) و کنترل (۲۰ نفر) تقسیم شدند.

ابزار گردآوری داده‌ها، شامل دو نوع پرسشنامه برای بررسی انگیزش و خلاقیت دانش‌آموزان بود. برای تعیین داده‌های خلاقیت، پس از اجرای روش متداول و یادگیری معکوس، از پرسشنامه خلاقیت عابدی (۱۳۸۹) و برای تعیین میزان انگیزش تحصیلی از پرسشنامه تحصیلی AMS والرند (۱۹۹۲) استفاده شد.

پرسشنامه خلاقیت: پرسشنامه خلاقیت دارای ۶۰ ماده است که هر ماده دارای ۳ گزینه است. گزینه‌ها از خلاقیت کم تا زیاد بوده و نمره‌ها به ترتیب از ۰ تا ۲ به مواد اختصاص داده شده است. دامنه نمرات بین ۰ تا ۱۲۰ در نظر گرفته شده است. از آزمون تفکر خلاق تورنس به عنوان شاخص روایی همزمان برای آزمون خلاقیت عابدی استفاده شد. ضریب پایایی خرده‌آزمون‌های خلاقیت عابدی در مقوله‌های سیالی، ۰/۰۲۳، بسط ۰/۴۴۴، ابتکار ۰/۶۱۴ و انعطاف پذیری ۰/۵۹۵ به دست آمد. ضریب همسانی درونی برای پرسشنامه از ۰/۴۸ تا ۰/۶۸ (میانگین ۰/۵۹۵) درجه‌بندی شد. پایین بودن همسانی درونی برخی خرده آزمون‌ها ممکن است به دلیل تعداد کم پرسش‌ها و ماهیت ناهمگون سؤال‌ها باشد. ضریب همبستگی بین خرده آزمون‌های خلاقیت و تفکرخلاق تورنس برای سیالی ۰/۴۶۸، بسط ۰/۱۹۵-، ابتکار۰/۴۲۴ و انعطاف‌پذیری ۰/۳۶۱ (میانگین ۰/۲۶۵) به دست آمد. این رابطه سطح پایین، حاکی از مسائل اجرایی درونی و نمره‌گذاری آزمون تفکرخلاق تورنس بر روی یک گروه آزمودنی‌ها یا نشان‌دهنده تفاوت‌های

1. Eun, & Kim
2. Krobthong

اصلی ساختارهایی است که به وسیله دو ابزار اندازه‌گیری می‌شوند، یا ترکیبی از این دو عامل می‌باشد. در این پرسشنامه، در مقایسه میانگین گروه دختران و پسران در مقوله‌های سیالی، ابتکار و انعطاف‌پذیری، تفاوت معنادار وجود نداشت؛ اما در مقوله بسط، تفاوت میانگین معنادار بود و گروه دختران نسبت به پسران از نظر بسط در سطح بالاتری قرار داشتند. بنابراین می‌توان گفت، زمان مورد نیاز برای اجرا و نمره‌گذاری تفکرخلاق تورنس، کاربرد گسترده آن را برای سنجش خلاقیت محدود می‌کند. آزمون خلاقیت عابدی به دلیل آنکه اجرا و نمره‌گذاری آن به زمان کمتری نیاز دارد، می‌تواند جانشینی برای آزمون تفکر خلاق تورنس باشد و چنانچه روایی و پایایی آن افزایش یابد، می‌تواند برای اجرای گروهی مورد استفاده قرار گیرد (دائمی و مقیمی، ۱۳۸۳). ضریب پایایی این آزمون، بر اساس آلفای کرونباخ ۰/۸۵ به دست آمده است. ضرایب پایایی مؤلفه‌های سیالی، ابتکار، انعطاف‌پذیری و بسط به ترتیب ۸۵درصد، ۸۲درصد، ۸۴درصد و ۸۰درصد محاسبه شد. عرب‌زاده و همکاران در پژوهش خود بر اساس ضریب آلفا کرونباخ، پایایی مؤلفه‌های سیالی ۶۲درصد، ابتکار ۵۱درصد، انعطاف‌پذیری ۴۵درصد، بسط ۵۶درصد و کل خلاقیت ۶۹درصد را گزارش کرده‌اند (کاظم‌پور، ۱۳۸۷). همچنین برای تعیین روایی از دو روش همبستگی گشتاوری بین این آزمون و آزمون‌های ملاک و سپس روش تحلیل تأییدی محاسبه گردید (عابدی، ۱۳۷۲).

پرسشنامه انگیزش تحصیلی. پرسشنامه انگیزش تحصیلی AMS والرند و همکاران (۱۹۹۲) یک ابزار خودگزارشی در مقیاس لیکرت هفت‌درجه‌ای (اصلاً=۱ تا کاملاً=۷) است که دارای ۲۸ عبارت یا پاسخ در ارتباط با یک پرسش است و برای تشخیص نوع انگیزش تحصیلی در دو طیف دانشجویی و دانش‌آموزی بر اساس نظریه خودتنظیمی طراحی شده است. این پرسشنامه، ترجمه نمونه انگلیسی انگیزش تحصیلی AMS است که ابتدا در فرانسه با عنوان EME طراحی گردید. همچنین بر مبنای نظریه خودتعیین‌کنندگی است. این آزمون سه بعد اصلی انگیزش (درونی، بیرونی و بی‌انگیزشی) را مورد بررسی قرار داده است. انگیزش درونی یعنی افراد را به صورت خودجوش و درونی به انجام تکلیفی خاص مبادرت می‌کنند و علاوه بر پاداش‌های بیرونی، انجام تکلیف برای دانش‌آموز حائزاهمیت و رضایت‌بخش است. والرند (۱۹۹۲) مولفه یکپارچگی انگیزش درونی دسی و رایان (۱۹۸۵) را به چند مولفه انگیزش درونی برای دانستن، انگیزش درونی برای دستاورد، انگیزش درونی برای تجربه تحریک تقسیم کرده است. انگیزش بیونی به انگیزه‌ای گفته می‌شود که فرآگیران را به دلیل پاداش‌ها و تقویت‌های بیرونی وادار به انجام تکالیف می‌کنند. بی‌انگیزگی، به معنای افرادی است که هیچ انگیزه‌ای مانند عدم خشنودی، ارزشمندی درونی و عدم مشوق‌های بیرونی برای انجام و فعالیت‌های خود بدست‌نیاورند و در نهایت دست از انجام فعالیت بردارند (ویسانی و همکاران، ۱۳۹۱). این آزمون دارای هفت مقیاس فرعی، سه خرده‌مقیاس دانستن، حرکت در جهت پیشرفت و تجربه محرک در رابطه با بعد انگیزش درونی و سه خرده‌مقیاس همسان کردن، درون‌فکنی و تنظیم بیرونی مربوط به بعد انگیزش بیرونی و یک خرده‌مقیاس نیز مربوط به بی‌انگیزشی است. رابرت والرند و همکارانش، روایی و پایایی نمونه انگلیسی مقیاس انگیزش تحصیلی AMS را بر روی دانش‌آموزان دبیرستانی و همچنین دانشجویان کانادایی اجرا کردند. همبستگی بالایی بین زیرمقیاس‌های هفت‌گانه مقیاس AMS بالای ۰/۸۰ بود. در مطالعه ویسانی و همکاران(۱۳۹۱) میزان آلفای کرونباخ برای خرده مقیاس انگیزش درونی(۰/۸۴)، انگیزش بیرونی (۰/۸۶) و بی‌انگیزگی(۰/۶۷) بدست آمده است. باقری و همکاران (۱۳۸۲) پرسشنامه والرند را پس از ترجمه اجرا کردند و با استفاده از تکنیک تک‌عاملی، آن را با شرایط فرهنگی ایرانی منطبق کردند. برای سنجش پایایی آن نیز به روش بازآزمایی انجام دادند که زیرمقیاس‌ها بالاتر از ۰/۷۷ محاسبه شد. به طورکلی، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده برای کل پرسشنامه ۰/۸۸ در نظر گرفتند.

شبیه‌سازی‌های فت. شبیه‌سازی فت از طریق تارنمای فت در دسترس عموم و به آسانی در کلاس درس قابل استفاده است. شبیه‌سازی‌ها به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا رابطه بین زندگی واقعی و دانش زیربنایی را به‌دست آورند (هاریاردی و پوجیاستوتی، ۲۰۲۰). همچنین، پدیده‌هایی که کنترل آن‌ها سخت، خطرناک یا غیرممکن است، مانند کار با سیستم‌های عصبی، رعد و برق یا دینامیت، می‌توانند از این طریق مورد مطالعه قرار گیرند (ندیهوکوبوای[1]و، ۲۰۱۷).

در پژوهش حاضر، شبیه‌ساز فت برای مبحث بیان ژن، سه قسمت طراحی شده است. قسمت اول به مبانی رونویسی، ترجمه و ساخت پروتئین اشاره می‌کند و دانش‌آموز می‌تواند با استفاده از جعبه ابزار مولکول‌های زیستی و انتخاب نماد آن‌ها، فرآیند رونویسی

1. Ndihokubwayo

و ترجمه را در مورد چند ژن انجام دهد. در قسمت دوم این بخش شبیه‌ساز، دانش‌آموز می‌تواند با کم و زیاد کردن میزان فاکتورهای رونویسی (مثبت و منفی) و میل آن‌ها به جایگاه اتصالی خود، و نیز کم و زیاد کردن تمایل RNA پلیمراز به راه‌انداز، تأثیر این موارد را بر شدت رونویسی مشاهده کند. قسمت سوم به فرآیند بیان ژن پروتئین فلورسنت سبز (یا جی‌اف‌پی) در باکتری اکلای می‌پردازد، که دانش‌آموز می‌تواند با کم و زیاد کردن میزان فاکتور مثبت رونویسی، RNA پلیمراز و آنزیم تجزیه‌کننده mRNA، و نیز تعیین سرعت تجزیه پروتئین فلورسنت، تأثیر این موارد را بر شدت نور سبز تابیده از سلول‌ها مشاهده کند. این امر به درک مبحث وسیع تنظیم بیان ژن از قبل رونویسی تا بعد از ترجمه بسیار کمک می‌کند.

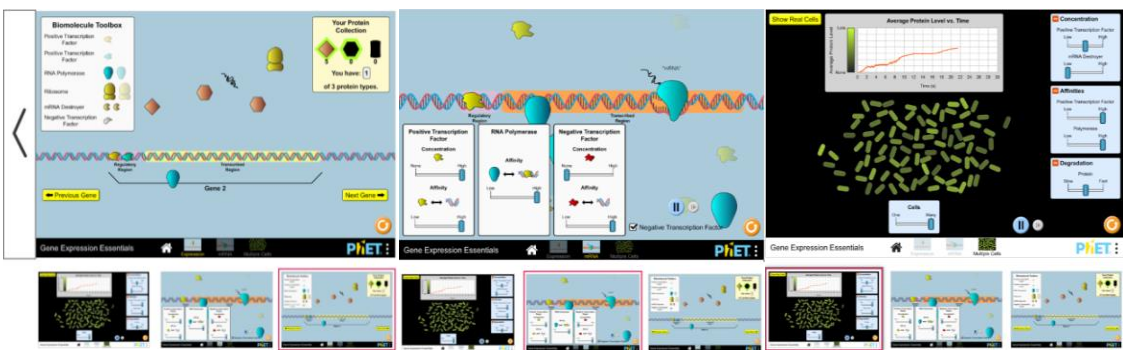
پس از انتخاب گروه‌های کنترل و آزمایش و همسان‌سازی کلاس‌ها از لحاظ سن، جنسیت، تحصیلات، پیشرفت تحصیلی و انگیزه، پیش‌آزمون انگیزش و خلاقیت در شرایط یکسان (زمان و مکان اجرا و شرایط فیزیکی) با استفاده از پرسش‌نامه‌ها برای هر دو گروه (گروه کنترل و گروه آزمایش) اجرا شد. در مرحله بعد، سه گفتار فصل دوم زیست‌شناسی پایه دوازدهم با عنوان "جریان اطلاعات در یاخته" (گفتار ۱: رونویسی، گفتار ۲: به‌سوی پروتئین و گفتار ۳: تنظیم بیان ژن) به مدت حداقل ۶ جلسه ۹۰ دقیقه‌ای برای گروه کنترل با روش متداول، شامل سخنرانی، پاورپوینت و رسم شکل (هر گفتار در دو جلسه) تدریس شد. همزمان برای گروه آزمایش، روش‌اجرا بدین‌صورت انجام شد: در جلسه توجیهی، یادگیری معکوس، تارنمای شبیه‌ساز فت، چگونگی کار و قسمت‌های مختلف آن برای دانش‌آموزان توضیحاتی داده شد و از آن‌ها خواسته شد به‌عنوان تکلیف خارج از مدرسه به تارنمای شبیه‌ساز فت مراجعه کرده تا با قسمت‌های مختلف آن آشنایی اولیه پیدا کنند. جلسات یادگیری معکوس و شبیه‌ساز فت در دو بخش آمادگی قبل از کلاس و کلاس حضوری برای هر جلسه آموزشی برمبنای وظایف معلم و دانش‌آموزان در جدول زیر خلاصه شده است.

جدول۱. روش اجرای یادگیری معکوس با شبیه‌سازی فت

جلسات		وظایف معلم	وظایف دانش‌آموزان
جلسه اول	آمادگی قبل از کلاس (یادگیری معکوس)	تهیه فیلم‌های کوتاه، انیمیشن، پادکست و تصاویر در باره موضوع رابطه ژن با صفت- کم‌خونی داسی شکل	مطالعه فیلم، پادکست، تصاویر و آشنایی با شبیه‌ساز فت در خانه
	کلاس حضوری	پرسش و پاسخ، بررسی فعالیت دانش‌آموزان و بحث	شرکت در بحث و پاسخ به سوالات و آشنایی کامل با شبیه‌ساز فت
جلسه دوم	آمادگی قبل از کلاس (یادگیری معکوس)	تهیه فیلم‌های کوتاه، انیمیشن، پادکست و تصاویر در مورد فرآیند رونویسی و سنتز RNA	مطالعه فیلم، پادکست، تصاویر و انجام یک نمونه شبیه‌ساز فت در باره رونویسی
	کلاس حضوری	پرسش و پاسخ، بررسی فعالیت دانش‌آموزان و بحث در باره موضوع و رفع ابهام با کمک شبیه‌ساز فت	شرکت در بحث و پاسخ به سوالات و کار با شبیه‌ساز فت (مربوط با رونویسی) در باره مبحث رونویسی
جلسه سوم	آمادگی قبل از کلاس (یادگیری معکوس)	تهیه و در اختیار قراردادن فیلم‌های کوتاه، انیمیشن، پادکست و تصاویر به دانش‌آموزان در باره نقش پروتئین‌ها در تمام فرآیندهای زیستی و تنوع شگفت‌انگیز آنها و مبحث ترجمه	مطالعه فیلم، پادکست، تصاویر و انجام یک یک نمونه شبیه‌ساز فت (مربوط به تأثیر تراکم آنزیم‌ها بر شدت رونویسی و ترجمه)
	کلاس حضوری	پرسش و پاسخ، بررسی فعالیت دانش‌آموزان و بحث در باره مبحث درسی به همراه شبیه‌ساز فت	شرکت در بحث و پاسخ به سوالات و ارائه نمونه شبیه‌ساز فت و بحث در مورد آن (مربوط به تأثیر تراکم آنزیم‌ها بر شدت رونویسی و ترجمه)
جلسه چهارم	آمادگی قبل از کلاس (یادگیری معکوس)	تهیه فیلم‌های کوتاه، انیمیشن، پادکست و تصاویر در باره سرنوشت پروتئین‌ها و عوامل موثر بر سرعت و مقدار پروتئین	مطالعه فیلم، پادکست، تصاویر و انجام یک نمونه شبیه‌ساز فت (مربوط به ترجمه)

	کلاس حضوری	پرسش و پاسخ، بررسی فعالیت دانش‌آموزان و بحث در باره موضوع و ابعاد آن با انجام چند نمونه کار با شبیه‌ساز فت	شرکت در بحث و پاسخ به سوالات و ارائه نمونه شبیه‌ساز فت (مربوط به ترجمه)
جلسه پنجم	آمادگی قبل از کلاس (یادگیری معکوس)	تهیه فیلم‌های کوتاه، انیمیشن، پادکست و تصاویر در باره تنظیم بیان ژن	مطالعه فیلم، پادکست، تصاویر و انجام یک نمونه شبیه‌ساز فت (مربوط به تنظیم بیان ژن)
	کلاس حضوری	پرسش و پاسخ، بررسی فعالیت دانش‌آموزان و بحث در باره موضوع با استعانت از بخش بیان ژن شبیه‌ساز فت	شرکت در بحث و پاسخ به سوالات و ارائه نمونه شبیه‌ساز فت (مربوط به تنظیم بیان ژن)
جلسه ششم	آمادگی قبل از کلاس (یادگیری معکوس)	تهیه فیلم‌های کوتاه، انیمیشن، پادکست و تصاویر ادامه تنظیم بیان ژن	مطالعه فیلم، پادکست، تصاویر و انجام نمونه کار کامل با تمام قسمت های بخش بیان ژن شبیه‌ساز فت
	کلاس حضوری	پرسش و پاسخ، بررسی فعالیت دانش‌آموزان و بحث در باره موضوع	شرکت در بحث و پاسخ به سوالات و ارائه نمونه کار کامل از تمام قسمت‌های بخش بیان ژن شبیه‌ساز فت

نرم افزار فت که دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه درباره بیان ژن در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل۱. تصاویری از شبیه‌ساز فت در باره بیان ژن و رونویسی

بعد از اتمام کار در هر دو گروه، یک آزمون از انواع سوالات چهارگزینه‌ای، صحیح و غلط، کوتاه پاسخ و تشریحی در حیطه شناختی بلوم به مدت ۴۵ دقیقه گرفته شد و پرسشنامه‌ها در دو گروه کنترل و آزمایش اجرا شدند. داده‌ها در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی تجزیه و تحلیل گردید. در بخش آمار توصیفی از میانگین و انحراف معیار استفاده شد و در بخش آمار استنباطی، تحلیل کوواریانس چند متغیره (MANCOVA) در نرم‌افزار نسخه SPSS ۲۲ انجام شد.

یافته‌ها

پژوهش حاضر درباره تأثیر یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر خلاقیت و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه است. پس از جمع‌آوری اطلاعات، ابتدا تحلیل توصیفی یافته‌ها (جدول میانگین و انحراف استاندارد) و سپس تحلیل استنباطی یافته‌ها (آزمون لون و تحلیل کوواریانس متغیرها) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس دو گروه کنترل (روش تدریس متداول) و آزمایش (روش یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه) انجام گرفت.

نتایج زیر برای بیان میانگین و انحراف معیار متغیر خلاقیت به‌طور جداگانه برای هر دو گروه کنترل و آزمایش نشان داده شده است.

جدول ۲. آمار توصیفی متغیر خلاقیت برای گروه‌های مورد بررسی

گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
کنترل	۱۲۴/۲۰±۱۱/۱۱	۱۲۴/۲۰±۱۱/۱۱
آزمایش	۱۲۴/۱۹±۵۱/۱۸	۱۴۴/۱۵±۵۳/۲۲

جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین خلاقیت در گروه کنترل در دو مرحله پس‌آزمون (۱۲۴/۱۱±۲۰/۱۱) و پیش‌آزمون (۱۲۴/۱۱±۲۰/۱۱) تفاوتی وجود ندارد. در گروه آزمایش، میانگین متغیر خلاقیت در پس‌آزمون (۱۴۴/۵۳±۱۵/۲۲) نسبت به زمان پیش‌آزمون (۱۲۴/۵۱±۱۹/۱۸) بالاتر بود. همچنین در زمان پس‌آزمون، میانگین متغیر خلاقیت در گروه آزمایش از گروه کنترل بیشتر بود.

جدول ۳. آمار توصیفی خرده مقیاس‌های متغیر خلاقیت به تفکیک گروه‌های مورد مطالعه

خرده مقیاس‌ها	گروه کنترل		گروه آزمایش	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
سیالی	۵۲/۶۵±۷/۱۱	۵۲/۱۰±۷/۳۰	۵۵/۴۶±۸/۱۰	۶۲/۶۵±۴/۶۹
ابتکار	۱۹/۵۹±۴/۳۸	۱۹/۹۵±۴/۱۶	۲۰/۰۱±۶/۱۰	۲۹/۹۹±۶/۶۸
انعطاف	۲۱/۴۸±۳/۹۵	۲۱/۶۲±۴/۱۱	۲۱/۱۱±۶/۰۴	۲۸/۸۳±۶/۹۲
بسط	۱۶/۴۱±۳/۴۵	۱۶/۶۰±۳/۴۶	۱۷/۰۱±۴/۱۲	۲۴/۹۵±۳/۹۵

نتایج حاصل از جدول ۳ آمار توصیفی خرده مقیاس‌های سیالی، ابتکار، انعطاف و بسط را نشان می‌دهد. در گروه کنترل، میانگین این متغیر تغییر چندانی در دو زمان مطالعه نداشت، در حالی که در گروه آزمایش، میانگین این خرده مقیاس‌ها در پس‌آزمون افزایش داشت. همچنین میانگین خرده مقیاس‌های مورد بررسی در گروه آزمایش در زمان پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون بالاتر بود.

جدول ۴. آمار توصیفی متغیر انگیزش تحصیلی به تفکیک گروه و زمان مطالعه

گروه‌ها	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
کنترل	۱۰۴/۳±۵۱/۴۸	۱۰۴/۳±۲۸/۱۲
آزمایش	۱۰۴/۲±۰۳/۵۹	۱۲۸/۲±۰۶/۸۳

براساس جدول ۴، متغیر انگیزش تحصیلی در گروه کنترل در زمان پس‌آزمون (۱۰۴/۲۸±۳/۱۲) نسبت به پیش‌آزمون (۱۰۴/۵۱±۳/۴۸) تغییری نشان نمی‌دهد. در گروه آزمایش، پس از اجرای روش یادگیری معکوس و شبیه‌سازی، در زمان پس‌آزمون (۱۲۸/۰۶±۲/۸۳) نسبت به شروع اجرای طرح (۱۰۴/۰۳±۲/۵۹) افزایش نشان داد. همچنین این میزان نسبت به پس‌آزمون گروه کنترل نیز بالاتر بود.

در پژوهش حاضر، به منظور آزمون فرضیه‌ها از تحلیل کواریانس استفاده شد. در ابتدا، پیش‌فرض اصلی یعنی نرمال بودن داده‌ها و نیز برابری واریانس‌های گروه‌ها در متغیر وابسته بررسی شد.

جدول ۵. نتایج آزمون لون و کلموگروف-اسمیرنوف برای برابری واریانس‌ها

آزمون لون	مقادیر	آزمون کلموگروف اسمیرنوف	مقادیر
آماره F	۲/۳۵	آماره Z	۰/۴۶۳
مقدار p	۰/۲۴۳	مقدار p	۰/۷۱۰
معنی‌داری	p>۰/۰۵	معنی‌داری	p>۰/۰۵

براساس جدول ۵، نتایج آزمون لون نشان داد که F محاسبه شده برابر با ۲/۳۵ بود. همچنین ارزش مقدار p برابر با ۰/۲۴۳ است که در سطح معناداری ۰/۰۵ قرار نداشت. بنابراین فرض برابری واریانس‌ها پذیرفته شد. علاوه بر این، نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن توزیع متغیر وابسته را نشان می‌دهد. همچنین، براساس نتایج حاصل در جدول ۴ می‌توان گفت که مقادیر در سطح معنی‌داری قرار ندارد. بنابراین آزمون کلموگروف-اسمیرنوف فرض نرمال بودن داده‌ها را تأیید می‌کند.

با توجه به اینکه پیش‌فرض‌های تحلیل کواریانس (نرمال بودن داده‌ها و برابری واریانس‌ها) برقرار است، بنابراین آزمون مورد نظر برای فرضیه‌های پژوهش تحلیل کواریانس می‌باشد.

الف) فرضیه اول پژوهش: یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر خلاقیت دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه تأثیر دارد.

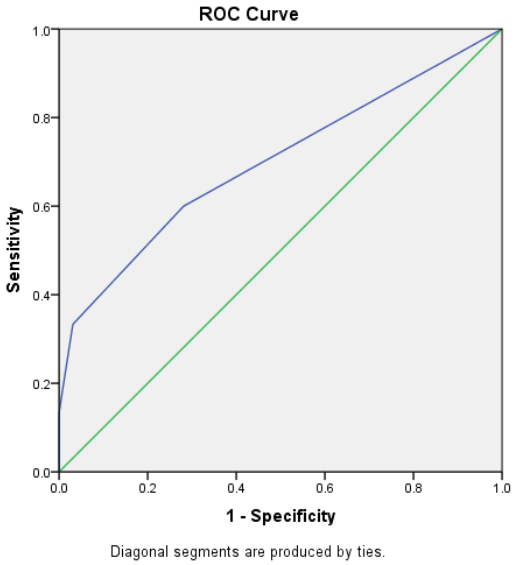
جدول ۶. تحلیل کواریانس تأثیر شبیه‌سازی آموزشی بر میزان خلاقیت دانش‌آموزان

	منابع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مقدار اتا
	گروه	۱۰۸/۴۳	۱	۱۰۸/۴۳	۴/۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۸
خلاقیت	آزمون	۱۱۲۵/۴۲	۱	۱۱۲۵/۴۲	۲۲/۵۳	۰/۰۳	۰/۳۵۲
	گروه*آزمون	۲۵۳۱/۴۸	۳۸	۲۸/۹۲	۲۱/۵۵	۰/۰۳۵	

براساس نتایج آزمون تحلیل کواریانس در جدول ۶، سطح معنی‌داری محاسبه شده کوچکتر از ۰/۰۵ می‌باشد. لذا فرض صفر رد و فرض تحقیق مبنی بر اثربخشی یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر میزان خلاقیت دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه مورد تأیید است و بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه آزمایش تفاوت معنی‌دار وجود دارد (p<۰/۰۵). با توجه به این نتیجه می‌توان گفت که این روش منجر به افزایش خلاقیت دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه شده است.

همانطور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود، در تعامل گروه*آزمون با توجه به مقدار F که ۲۱/۵۵ و سطح معناداری که ۰/۰۳۵ شده است، می‌توان بیان نمود که میزان خلاقیت درس زیست‌شناسی در گروه آزمایش تغییر کرده است. به لحاظ آماری، این نتایج نشان می‌دهد که تفاوت میانگین دو گروه در خلاقیت درس زیست‌شناسی معنادار است و به عبارتی دیگر، یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه، باعث افزایش میانگین خلاقیت درس زیست‌شناسی گروه آزمایش از ۱۲۴/۵۱ به ۱۴۴/۵۳ شده است. همچنین با توجه به ضریب اتا برابر با ۰/۳۵۲ می‌توان بیان نمود که این روش ۳۵/۲ درصد خلاقیت درس زیست‌شناسی را تبیین می‌کند. به این ترتیب، در پاسخ به این فرضیه باید گفته شود که شبیه‌سازی باعث افزایش خلاقیت درس زیست‌شناسی دانش‌آموزان می‌شود و بنابراین فرضیه تأیید شده است.

به منظور تحلیل حساسیت از تحلیل حساسیت توسط منحنی ROC استفاده شد. منحنی ROC (ویژگی عملیاتی گیرنده) نمودار مقادیر حساسیت در مقابل ویژگی ۱ است، زیرا مقدار نقطه برش از ۰ به ۱ حرکت می‌کند. همچنین مدلی با حساسیت بالا و ویژگی بالا دارای منحنی ROC است که گوشه سمت چپ بالای طرح را در بر می‌گیرد. مدلی با حساسیت کم و ویژگی کم دارای منحنی نزدیک به خط مورب ۴۵ درجه خواهد بود. در این پژوهش منحنی ROC (خط آبی) در تأثیر شبیه‌سازی آموزشی بر میزان خلاقیت دانش‌آموزان گوشه سمت چپ بالای طرح را در بر می‌گیرد (نمودار۱)، که نشان می‌دهد این مدل به خوبی پیش‌بینی می‌کند که آیا شبیه‌سازی آموزشی بر میزان خلاقیت دانش‌آموزان موثر است یا خیر؟



نمودار ۱. منحنیROC و تحلیل حساسیت بر اساس تأثیر شبیه‌سازی آموزشی بر میزان خلاقیت دانش‌آموزان

نتایج نمودار Area Under the Curve در تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که مدل چقدر خوب می‌تواند نتایج مثبت و منفی را تشخیص دهد. AUC می‌تواند از ۰ تا ۱ متغیر باشد. هر چه AUC بالاتر و به یک نزدیک باشد، مدل در طبقه بندی صحیح نتایج بهتر است. در پژوهش کنونی نتایج نشان داد که AUC برای این مدل رگرسیون لجستیک خاص ۰/۶۹۹ است که بسیار بالاست. این نشان می‌دهد که این مدل به خوبی پیش‌بینی می‌کند که آیا شبیه‌سازی آموزشی بر میزان خلاقیت دانش‌آموزان موثر است یا خیر؟

ب) فرضیه دوم پژوهش: تأثیر یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه مؤثر است.

جدول ۷. تحلیل کواریانس تأثیر شبیه‌سازی آموزشی بر میزان انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان

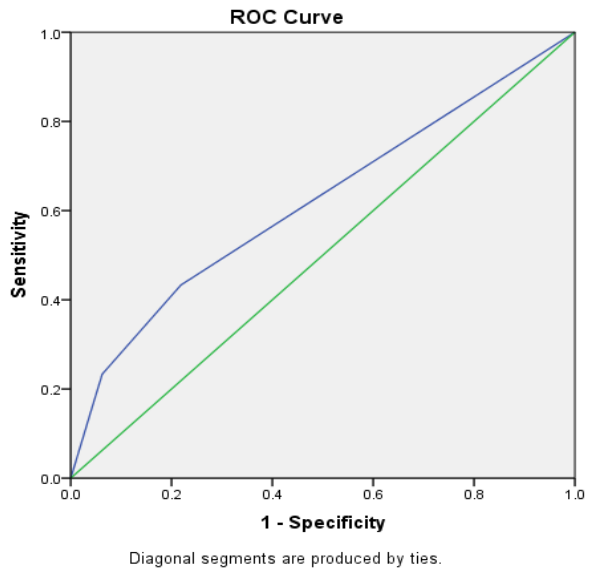
	منابع تغییرات	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح‌معنی‌داری	مقدار اتا
انگیزش تحصیلی	گروه	۱۵۸/۲۲	۱	۱۵۸/۲۲	۲/۲	۰/۰۰۲	۰/۰۹
	آزمون	۸۵۹/۶۲	۱	۸۵۹/۶۲	۲۱/۴۲	۰/۰۴	۰/۳۵۸
	گروه*آزمون	۱۹۸۵/۲۳	۳۸	۵۱/۴۸	۲۰/۱۲	۰/۰۱۴	۰/۳۵۸

بر اساس آزمون تحلیل کواریانس اجرا شده برای متغیر انگیزش تحصیلی، سطح معناداری محاسبه‌شده کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد. لذا فرض صفر رد و فرض پژوهش مبنی بر تأثیر یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر میزان انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه مورد تأیید است و بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه آزمایش تفاوت معنادار وجود دارد ($p < ۰/۰۵$). با توجه به این نتیجه می‌توان گفت که روش یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه منجر به افزایش انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه شده است.

همان‌طور که در جدول ۷ ملاحظه می‌شود، در تعامل گروه آزمون با توجه به مقدار F که ۲۰/۱۲ و سطح معناداری که ۰/۰۱۴ ثبت‌شده است، می‌توان بیان نمود که میزان یادگیری درس زیست‌شناسی در گروه آزمایش تغییر کرده است. به لحاظ آماری، این نتایج نشان می‌دهد که تفاوت میانگین دو گروه در یادگیری درس زیست‌شناسی معنادار است و به عبارتی دیگر، روش یادگیری معکوس باعث افزایش میانگین یادگیری درس زیست‌شناسی گروه آزمایش از ۱۰۴/۳ به ۱۲۸/۶ شده است. همچنین با توجه به ضریب اتا برابر با ۰/۳۵۸، می‌توان بیان نمود که یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه ۳۵/۸ درصد یادگیری درس

زیست‌شناسی را تبیین می‌کند. به این ترتیب، در پاسخ به این فرضیه باید گفته شود که یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه باعث افزایش یادگیری درس زیست‌شناسی دانش‌آموزان می‌شود و بنابراین فرضیه تأیید شده است.

در این پژوهش منحنی ROC (خط آبی) در بررسی تاثیر شبیه‌سازی آموزشی بر میزان انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان گوشه سمت چپ بالای طرح را در بر می‌گیرد (نمودار۲) که نشان می‌دهد این مدل به خوبی پیش‌بینی می‌کند که آیا شبیه‌سازی آموزشی بر میزان انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان موثر است یا خیر؟



نمودار ۲. منحنی ROC بررسی تحلیل حساسیت تأثیر شبیه‌سازی آموزشی بر میزان انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان

نتایج نمودا Area Under the Curve نشان داد که AUC برای این مدل رگرسیون لجستیک خاص ۰/۶۱۹ است که بسیار بالاست. این نشان می‌دهد که این مدل به خوبی پیش‌بینی می‌کند که آیا شبیه‌سازی آموزشی بر میزان انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان موثر است یا خیر؟

بحث

گسترش سریع فناوری اطلاعات و ارتباطات از طریق رایانه در نظام آموزشی تأثیر بسزایی داشته است، به‌طوری‌که تغییر و دگرگونی از حالت رسانه‌های آموزشی چاپی به دیجیتالی، دگرگونی‌های عمیقی در فرآیندهای مهارتی یادگیری دانش‌آموزان ایجاد کرده است. این مسأله به ویژه در یادگیری و مهارت‌های زندگی روزمره حائز اهمیت است. شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، به ویژه ابزارهایی مانند فت، به عنوان ابزاری نوین آموزشی در درس زیست‌شناسی، تأثیر قابل‌توجهی بر انگیزه و خلاقیت دانش‌آموزان دارند. این شبیه‌سازی‌ها با ارائه محیط‌های تعاملی و بصری، امکان یادگیری عمیق‌تر و فهم بهتر مفاهیم پیچیده زیستی را فراهم می‌کنند.

فرضیه اصلی: تأثیر یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر میزان خلاقیت و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه است.

در تبیین فرضیه اصلی پژوهش می‌توان گفت، به‌کارگیری شبیه‌سازی در فرآیند یادگیری زمانی تاثیرگذار است که اصول و مفاهیم بنیادی پیش از آن به دانش‌آموزان آموزش داده شود. و سپس از شبیه‌سازی آموزشی به‌عنوان مکملی برای روش‌های سنتی در آموزش مهارت‌های عملی و کاربردی بهره‌برداری کنند (رجبیان و همکاران، ۱۳۹۷). در پژوهش حاضر، استفاده از یادگیری معکوس به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که قبل از ورود به کلاس، مفاهیم پایه‌ای از طریق منابع آنلاین، پادکست‌ها، انیمیشن و فیلم‌های ویدئویی یا مطالب خواندنی بیاموزند. این روش، فضایی برای دانش‌آموزان فراهم می‌کند که در زمان کلاس حضوری،

تمرکز بر روی فعالیت‌های عملی و شبیه‌سازی داشته باشند و مفاهیم پیچیده را در شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه به کاربرند و تجربه بهتری در یادگیری داشته باشند و بتوانند در مورد تکالیف خود به بحث و گفتگو بپردازند. در حقیقت، ترکیب یادگیری معکوس و شبیه‌سازی می‌تواند به بهبود درک عمیق دانش‌آموزان در مفاهیم پیچیده و مهارت کاربردی آن‌ها منجر شود.

فرضیه فرعی اول: یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر خلاقیت دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه تأثیر دارد.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که میانگین خلاقیت در گروه کنترل در دو مرحله پس‌آزمون (۱۲۴/۱۱) و پیش‌آزمون (۱۲۴/۱۱) تفاوتی نداشته است. در گروه آزمایش، میانگین متغیر خلاقیت در پس‌آزمون (۱۴۴/۵۳) نسبت به زمان پیش‌آزمون (۱۲۴/۵۱) بالاتر بود. همچنین در زمان پس‌آزمون، میانگین متغیر خلاقیت در گروه آزمایش از گروه کنترل بیشتر بود. آمار توصیفی خرده‌مقیاس‌های سیالی، ابتکار، انعطاف و بسط نشان داد که در گروه کنترل، میانگین این متغیرها در دو زمان مطالعه تغییر چندانی نداشته است، در حالی که در گروه آزمایش، میانگین این خرده‌مقیاس‌ها در پس‌آزمون افزایش داشت. علاوه بر این، میانگین خرده‌مقیاس‌های مورد بررسی در گروه آزمایش در زمان پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون بالاتر بود.

پژوهش‌هایی با به‌کارگیری انواع شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای در انواع رشته ها و سطوح تحصیلی متفاوت، از ابتدایی تا آموزش‌عالی صورت گرفته است. به طوری‌که، شریفاتی و همکاران (۱۴۰۰) در توانایی فضایی و حل‌مسئله، رجبیان دهزیره و همکاران (۱۳۹۹) در باره مهارت‌های حل‌مسئله و توانایی‌شناختی، زنگنه و همکاران (۱۳۹۵) در مورد مفاهیم فضایی درس هندسه، بادله (۱۳۹۶) در ارتباط با رویکرد سازنده گرایی، لبلانک و پوسنر (۲۰۲۲) به تاثیر احساسات و هیجانات در آموزش مبتنی بر شبیه‌سازی اشاره کرده‌اند. در این پژوهش نیز به بررسی خلاقیت و انگیزش در در زیست‌شناسی پرداخته شد که نتایج حاصل از خلاقیت با یافته‌های پژوهش بیگدلی و بابایی (۱۴۰۱)، علی‌پور اهر و همکاران(۱۴۰۱)، خوش طالع و واصفیان (۱۴۰۰)، حبیبی[1] و همکاران (۲۰۲۰) و طویل و دهلا[2](۲۰۱۷) همسو می‌باشد.

در تبیین فرضیه فرعی اول پژوهش، خلاقیت باارزش‌ترین مهارت در فرآیند یادگیری است و می‌تواند با روش‌های مختلفی مانند یادگیری معکوس و شبیه‌سازی‌های مبتنی بر رایانه بهبود یابد. در واقع، خلاقیت به توانایی ایجاد ایده‌ها، راه‌حل‌ها و فرآیندهای جدید است که در این پژوهش چهارخرده مقیاس سیالی، بسط، انعطاف، ابتکار افزایش یافته بود. در یادگیری معکوس، دانش‌آموزان با دریافت و مطالعه مطالب آموزشی قبل از کلاس، می‌توانند به ایده پردازی متنوع دست یابند (سیالی) و در کلاس حضوری با مشارکت فعال، این ایده‌ها را گسترش دهند و آن‌ها را به مفاهیم عملی تبدیل کنند. با چنین کاری، برقراری ارتباط میان دانش قبلی و مفاهیم جدید بوجود می‌آید (بسط). علاوه براین، شرایطی فراهم می‌شود تا دانش‌آموزان به‌راحتی در جستجوی راه‌حل‌های مختلف باشند و قادرباشند از تجربیات مختلف خود استفاده کنند و به سرعت به سوالات پاسخ دهند (انعطاف). دانش‌آموزان قادرند به‌راحتی روش‌های جدیدی برای حل مشکلات پیدا کنند و در محیطی خلاقانه و آزمایشگاهی آزمایش کنند و یا با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، ایده‌های جدید را تسهیل نمایند. آنان می‌توانند ایده‌های خلاقانه خود را در تجربیات عملی آزمون کنند و به نتایج جدیدی دست یابند. بنابراین می‌توان گفت که یادگیری معکوس، به‌ویژه در ترکیب با شبیه‌سازی‌های مبتنی بر رایانه، می‌تواند خلاقیت دانش‌آموزان را افزایش دهد. این شیوه‌های‌آموزشی به دانش‌آموزان این امکان را فراهم می‌کند که به‌صورت فعال در فرآیند یادگیری خود مشارکت کرده و خلاقیتشان را در حل مسائل بهبود دهند.

فرضیه فرعی دوم: تأثیر یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه مؤثر است.

نتایج پژوهش در مورد متغیر انگیزش تحصیلی نیز نشان داد که در گروه کنترل، در زمان پس‌آزمون (۱۰۴/۲۸) نسبت به پیش‌آزمون (۱۰۴/۵۱) تغییری مشاهده نشده است. اما در گروه آزمایش، با اجرای روش یادگیری‌معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه، در پس‌آزمون (۱۲۸/۰۶) نسبت به پیش‌آزمون (۱۰۴/۰۳) افزایش نشان داد. همچنین، این میزان نسبت به پس‌آزمون گروه کنترل نیز بالاتر بود. با توجه به یافته‌های پژوهش، می‌توان گفت که فرض پژوهش مورد تأیید است و بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون

1. Habibi
2. Tawil & Dahla

در گروه آزمایش تفاوت معنادار وجود دارد (P < ۰/۰۵). بنابراین، می‌توان نتیجه‌گرفت که یادگیری‌معکوس و شبیه‌سازی‌مبتنی بر رایانه منجر به افزایش انگیزش دانش‌آموزان پایه دوازدهم در درس زیست‌شناسی شهرستان گرمه شده است.

پژوهش حاضر در رابطه با افزایش انگیزه با نتایج پژوهش‌های رجبیان و همکاران (۱۴۰۲)، صداقتی و مطیعی (۱۴۰۳)، گانی[1] و همکاران (۲۰۲۰)، باندا و نزاباهیمانا (۲۰۲۳)، راجان[2] و همکاران(۲۰۲۴)، ایشیموه و روتگوا (۲۰۲۴)، ساستامونین و همکاران (۲۰۲۴) همسو است. معلمان با کسب آگاهی و درک عمیق از سبک‌های یادگیری دانش‌آموزان می‌توانند با طراحی و بهینه‌سازی روش‌های آموزشی، نیازهای فرآگیران را بهتر برآورده کنند. شناخت چنین سبک‌هایی باعث تقویت و افزایش انگیزه دانش‌آموزان شده و زمان لازم برای یادگیری را مختصر و مفید می‌کند. در نتیجه دانش‌آموزان کارآمدتر و باانگیزه در امریادگیری عمل می‌کنند (هوآنگ[3] و همکاران، ۲۰۱۸؛ آلتون و سرین[4]، ۲۰۱۹؛ عزی و همکاران[5]، ۲۰۲۰). پژوهش حاضر نیز در دوره متوسطه دوم و به صورت ترکیبی یاگیری معکوس با کمک شبیه‌سازی و در مباحث پیچیده یعنی آموزش پروتئین سازی بیان می‌دارد که میزان انگیزش دانش‌آموزان به طور معناداری در گروه آزمایش افزایش یافته است.

در تبیین فرضیه فرعی دوم می‌توان گفت، آموزش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی معمولاً شامل موقعیت‌های عاطفی و احساسی است. واکنش‌های احساسی که افراد در طول شبیه‌سازی تجربه می‌کنند، می‌توانند تأثیرات مهمی بر آنچه که توجه، به خاطرسپاری تجربیات و همچنین ارزیابی‌ها و استراتژی‌های حل مسئله آن‌ها داشته باشد. این عواطف همچنین بر انگیزه‌های آن‌ها برای شرکت در فرآیند یادگیری تأثیر می‌گذارند (لبلانک و پوسنر، ۲۰۲۲). استفاده از شبیه‌سازی باعث می‌شود تا با روش‌های جذاب و از طریق محیط‌های بصری و گرافیکی، حواس بینایی، شنوایی و لمسی خود را درگیر کرده و در نتیجه انگیزه‌شان برای فراگیری دروس افزایش یابد. این فناوری همچنین فرصتی برای نوآوری در آموزش فراهم می‌آورد و باعث تغییر از مرحله صرف خواندن مطالب به مرحله درک و کاربرد مفاهیم یادگرفته شده می‌شود و در نهایت، توانایی‌های علمی فراگیران را تقویت می‌کند (صداقتی و مطیعی، ۱۴۰۳). دستورالعمل‌های مبتنی بر شبیه‌سازی فت در تدریس زیست‌شناسی، به ویژه در زمینه سنتز پروتئین، بسیار کارآمد هستند. نتایج نشان می‌دهد که این شبیه‌سازی‌ها تأثیر مثبتی بر نگرش دانش‌آموزان نسبت به فرآیند سنتز پروتئین دارند. پس از اجرای مداخله، تغییر نگرش گروه آزمایش نسبت به سنتز پروتئین به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش سنتی بود. بنابراین، شبیه‌سازی فت نه‌تنها درک مفهومی دانش‌آموزان از سنتز پروتئین را تقویت می‌کند، بلکه تأثیر مثبتی بر نگرش آن‌ها نیز دارد. علاوه بر این، دستورالعمل‌های مبتنی بر شبیه‌سازی فت می‌توانند به‌طور چشمگیری انگیزه، تعامل و لذت یادگیرندگان را افزایش دهند و در عین حال یادگیری موضوعات انتزاعی علمی را بسیار آسان‌تر کنند. این امر به‌دلیل ماهیت تعاملی شبیه‌سازی‌های فت است که می‌تواند مفاهیم نامرئی را به‌صورت قابل‌فهمی به تصویر بکشد (ایشیموه و روتگوا، ۲۰۲۴).

درک رویکردهای یادگیری، عوامل و نظریه‌های یادگیری برای طراحی یک شبیه‌سازی مجازی مؤثر با هدف بهبود تجربه یادگیری، امری ضروری است. مهارت‌های تفکر و خلاقیت که باید به دانش‌آموزان ارائه شود، نیازمند بررسی بیشتر به‌منظور بهبود و ایجاد یک جریان اصلی در دوره‌های آموزشی است. استفاده از محیط‌های یادگیری مجازی، نظیر واقعیت مجازی و اضافه کردن عناصر مختلف به شبیه‌سازی‌ها مانند گیمیفیکیشن، بازخورد، و اعتبارات میکرو و نانو، همگی با هدف افزایش انگیزه و تعامل با دانش‌آموزان و در نهایت بهبود تجربه یادگیری به کار گرفته می‌شوند. همچنین، درک چگونگی اجرای نظریه‌های یادگیری به‌منظور ایجاد شبیه‌سازی‌های مؤثر ضروری است. درک این رویکردها و نظریه‌ها برای طراحان آموزشی، برگزارکنندگان دوره‌های آموزشی و مدرسان حائز اهمیت است؛ زیرا این درک می‌تواند به ایجاد یک تجربه یادگیری مثبت و دانش‌آموز محور کمک کند. هرچند شبیه‌سازی‌های مجازی متعددی در زمینه‌های مختلف آموزشی مورد بررسی و پیاده‌سازی قرار گرفته‌اند، مهم است بدانیم که همه شبیه‌سازی‌ها به یک اندازه برای هر دوره مؤثر نیستند. به‌منظور افزایش کارایی یادگیری دانش‌آموزان، لازم است نوع مناسب

1. Gani
2. Rajan
3. Huang
4. Altun & Serin
5. Azzi

شبیه‌سازی را با الزامات و اهداف خاص هر دوره هماهنگ کنیم. این رویکرد متناسب با هدف برآورده ساختن نیازهای یادگیری دانش‌آموزان و پرورش تجربه‌ای است که از مشارکت، درک و موفقیت تحصیلی آن‌ها حمایت می‌کند (راجان و همکاران، ۲۰۲۴).

نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلف تبیین می‌کنند که مهارت‌های فرآیند علمی دانش‌آموزان، فرآیندهای یادگیری طراحی‌شده‌ای هستند که به آن‌ها کمک می‌کنند تا حقایق را بیابند و مفاهیم و نظریه‌های علمی را با دانش علمی و مهارت‌های فکری از طریق فعالیت‌هایی مشابه دانشمندان درک کنند. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که رابطه قوی بین استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات و اکتساب دانش‌آموزان در فرآیندهای تدریس و یادگیری وجود دارد. فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند یادگیری را با فراهم کردن فرصت‌های بیشتر برای معلمان و افزایش همکاری دانش‌آموزان با همسالان و متخصصان، و همچنین افزایش دسترسی به اطلاعات، ایده‌ها و موضوعات دشوار متحول کند (چتین[1]، ۲۰۱۸). برخی مفاهیم در آموزش علوم می‌توانند برای دانش‌آموزان انتزاعی، نامفهوم و پیچیده باشند. بنابراین، دانش‌آموزان نیاز به آموزش با روش‌های آموزشی دارند که این مفاهیم علمی را توضیح دهند. هدف آموزش علوم نه تنها ارائه مفاهیم، بلکه ارائه مهارت‌های فرآیندی علمی به دانش‌آموزان است. به همین دلیل، روش‌های آموزشی باید مهارت‌های مورد نیاز دانش‌آموزان را در طول زندگی آن‌ها توسعه دهند. شبیه‌سازی به‌عنوان روشی در حال افزایش، می‌تواند مفاهیم علمی را عینی‌تر کند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های شبیه‌سازی در ترکیب با سایر روش‌های آموزشی مؤثرتر بوده و کمبود آن را کاهش می‌دهد (چلیک[2]، ۲۰۲۲). شبیه‌سازی‌های آموزشی می‌توانند به همان اندازه مؤثر و در بسیاری از موارد تأثیرگذارتر از شیوه‌های آموزشی سنتی (مانند تدریس مبتنی بر سخنرانی، کتاب‌های درسی یا فعالیت‌های عملی فیزیکی) باشند و در ارتقای دانش محتوای علمی، توسعه مهارت‌های فرآیندی و تسهیل تغییرات مفهومی سهیم هستند. شبیه‌سازی‌های آموزشی، مانند هر ابزار آموزشی دیگری، به روش‌های استفاده از آن‌ها بستگی دارد. از این رو، دستورالعمل‌های خاصی مبتنی بر تحقیقات برای بهینه‌سازی عملکرد این ابزارها به‌صورت زیر برای بهبود یادگیری ارائه شده است: شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای زمانی مؤثر هستند که: الف) به‌عنوان مکملی برای روش‌های آموزشی دیگر به کار روند، ب) با ساختارهای حمایتی با کیفیت بالا ترکیب شوند، ج) دانش‌آموزان را به تفکر تشویق کنند و د) ناهماهنگی‌های شناختی را ترویج نمایند. با استفاده مناسب از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، دانش‌آموزان می‌توانند در کاوش‌های علمی معتبر و مبتنی بر تحقیق مشارکت کنند. همچنین، با ادامه تکامل فناوری‌های آموزشی، مزایایی مانند انعطاف‌پذیری، ایمنی و کارایی نیز باید مورد توجه قرار گیرند (اسمتانا و بل[3]، ۲۰۱۲). نتایج آموزشی دانش‌آموزان با توانمندی‌های مختلف در علوم پایه به وسیله بازی‌های شبیه‌سازی، یادگیری ترکیبی و راهبردهای آموزش چندرسانه‌ای تعاملی افزایش می‌یابد. این یافته‌ها بر تاثیر این راهبردها تأکید می‌کند و برای معلمان و برنامه‌ریزان آموزشی که به دنبال بهبود عملکرد یادگیری هستند، راهنمای‌های باارزشی ارائه می‌دهند(ادیله[4]، ۲۰۲۴).

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که یادگیری معکوس و شبیه‌سازی مبتنی بر رایانه بر میزان خلاقیت و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان دختر پایه دوازدهم شهرستان گرمه تأثیر مثبت دارد و منجر به افزایش خلاقیت و انگیزش شده است. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای می‌تواند به افزایش انگیزه دانش‌آموزان منجر شود. این ابزارها با ایجاد تجربه‌های یادگیری جذاب، دانش‌آموزان را به مشارکت فعال‌تر در فرآیند یادگیری ترغیب می‌کنند. شبیه‌سازی‌ها به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهند که در یک محیط امن، اشتباه کنند و از تجربیات خود بیاموزند، که این امر خود به تقویت خلاقیت و تفکر انتقادی کمک می‌کند. همچنین، شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای می‌توانند به دانش‌آموزان کمک کنند تا با مفاهیم انتزاعی و پیچیده زیست‌شناسی ارتباط بهتری برقرار کنند. به‌عنوان مثال، مشاهده و تعامل با فرآیندهای بیولوژیکی در یک محیط شبیه‌سازی‌شده می‌تواند درک عمیق‌تری از این مفاهیم را به همراه داشته باشد و به دانش‌آموزان انگیزه بیشتری برای یادگیری بدهد.

1. Çetin
2. Celik
3. Smetana & Bell
4. Adeyele

پیشنهادات پژوهشی

الف) استفاده از انواع شبیه‌سازی آموزشی در برنامه‌های درسی با به‌کارگیری نظریه‌های یادگیری به‌عنوان یک ابزار مکمل و تقویت‌کننده می‌تواند به یادگیری مؤثر، معقول و دائمی کمک کند؛ ب) برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای معلمان به منظور آشنایی با انواع نرم‌افزارهای شبیه‌ساز و ساخت آن‌ها براساس موضوعات پیچیده درسی؛ ج) فراهم کردن کارگاه‌های برای تهیه فیلم‌های آموزشی، انواع پادکست‌ها و انیمیشن برای آموزش مباحث درسی پیچیده؛ د) شناسایی چالش‌ها و موانع معلمان در استفاده از شبیه‌سازها در یادگیری معکوس به کمک تحلیل‌های کیفی از طریق مصاحبه و مستندات آموزشی.

محدودیت‌های پژوهش

الف) دشواری و هزینه طراحی یک نرم‌افزار، فیلم‌های آموزشی، انیمیشن و پادکست‌های مورد نیاز برای برای هر فرآیند آموزشی؛ ب) فقدان ابزارهای فن‌آوری، فقدان آموزش ضمن خدمت و مشکلات مربوط به رویکردهای آموزشی سیستم آموزشی مانع انگیزه معلمان برای به کارگیری شبیه‌سازی در آموزش؛ ج) تاثیر منفی نتایج آموزشی به دلیل عدم دسترسی یکسان به تجهیزات و اینترنت در مناطق مختلف آموزشی؛ د) تفاوت کیفیت و تناسب محتوای آموزشی تولید شده برای شبیه‌سازها و امکان تاثیرگذاری متفاوت بر نتایج یادگیری دانش‌آموزان؛ و) دشواری کنترل عوامل خارجی مانند محیط خانه، فشارهای اجتماعی و اقتصادی و تاثیر متفاوت آن‌ها بر نتایج یادگیری معکوس؛ ه) عدم تعمیم‌پذیری نتایج و کاهش اعتبار پژوهش در اثر انتخاب نمونه‌های کوچک در پژوهش.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر برگرفته از رساله پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آموزش زیست شناسی دانشگاه فرهنگیان است. از کادر اجرایی دانشگاه فرهنگیان مرکز آموزش عالی شهید بهشتی تهران صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Adeyele, V. O. (2024). Relative effectiveness of simulation games, blended learning, and interactive multimedia in basic science achievement of varying ability pupils. *Education and Information Technologies*, 1-20. Doi. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12414-z

Alipour Ahar, P., Baleghizadeh, s., & hashemiolya, s. (2022). The effect of interactive simulation on learning mathematics and creativity of fourth grade students in Alborz province. *Information and Communication Technology in Educational Sciences*, *2*(13), 41-63. Retrieved from http://sanad.iau.ir/fa/Article/1006973. [In Persian]

Altun, H., & Serin, O. (2019). Determination of learning styles and achievements of talented students in the felds of science and mathematics. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, *14*(1), 80–89. DOI: 10.18844/cjes.v14i1.3441

Astutik, S., & Prahani, B. K. (2018). The practicality and effectiveness of Collaborative Creativity Learning (CCL) model by using PhET simulation to increase students' scientific creativity. *International Journal of Instruction*, *11*(4), 409–424. https://doi.org/10.12973/iji.2018.11426a

Azzi, I., Jeghal, A., Radouane, A., Yahyaouy, A., & Tairi, H. (2020). A robust classifcation to predict learning styles in adaptive E-learning systems. *Education and Information Technologies*, *25*(1), 437–448. https://doi.org/10.1007/s10639-019-09956-6

Bagheri, N., Shahraray, M., & Farzad, V. (2003). Standardization of Academic Motivation Scale (AMS) among the High School Students in Tehran. *Clinical Psychology and Personality*, *1*(1), 11-24. [In Persian]

Badeleh, A. (2017). Comparison of education based on simulation focusing on manufacturer-orientation attitude with systematic attitude to learning and retention of students of vocational schools. *Educational and Scholastic studies*, *6*(2), 29-49. 20.1001.1.2423494.1396.6.2.2.1. [In Persian]

Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2021a). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, *17*(2), 23108. https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.17 .023108

Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2023). The Impact of Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation-Based Learning on Motivation and Academic Achievement Among Malawian Physics Students. *Journal of science education and technology*, *32*(1), 127–141. https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3

Ben Ouahi, M., Ait Hou, M., Bliya, A., Hassouni, T., & Al Ibrahmi, E. M. (2021). The effect of using computer simulation on students' performance in teaching and learning physics: are there any gender and area gaps?. *Education Research International*, *2021*(1), https://doi.org/10.1155/2021/6646017

Celik, B. (2022). The Effects of Computer Simulations on Students' Science Process Skills? Literature Review. *Canadian Journal of Educational and Social Studies*, *2*, 16-28. doi:10.53103/cjess.v2i1.17

Cayvaz, A., & Akcay, H. (2018). The effects of using Algodoo in science teaching at middle school. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences*, *9*, 151-156.

Çetin, A. (2018). Effects of Simulation Based Cooperative Learning on Physics Achievement, Science Process Skills, Attitudes Towards Physics and Usage of Interactive Whiteboards. *Kastamonu Education Journal*, *26*(1), 57-65. https://doi.org/10.24106/kefdergi.375173

Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020). Simulation-Based Learning in Higher Education: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research, 90*. doi:10.3102/0034654320933544

Daemi H, (2004). Moghimi Barforoosh F. Normalization of The Creativity Test. *Advances in Cognitive Sciences*, 6 (3 and 4) :1-8. [In Persian]

de Vries, H. B., & Lubart, T. I. (2019). Scientific creativity: divergent and convergent thinking and the impact of culture. *The Journal of Creative Behavior*, *53*(2), 145-155.

Dieckmann, P., & Ringsted, C. (2013). Pedagogy in Simulation-Based Training in Healthcare. *Essential simulation in clinical education*, 43-58. doi:10.1002/9781118748039

Eun, K., & Kim, H. (2017). Effects of Simulation-based Education Combined Team-based Learning on Self-directed Learning, Communication Skills, Nursing Performance Confidence and Team Efficacy in Nursing Students. *Journal of Korean Academy of Fundamentals of Nursing, 24*, 39-50. doi:10.7739/jkafn.2017.24.1.39

Fanchini, A., Jongbloed, J., & Dirani, A. (2018). Examining the well-being and creativity of schoolchildren in France. *Cambridge Journal of Education, 49*. doi:10.1080/0305764X.2018.1536197

Gani, A., Syukri, M., Khairunnisak, K., Nazar, M., & Sari, R. P. (2020). Improving concept understanding and motivation of learners through Phet simulation word. *In Journal of Physics: Conference Series*, 1567(4), (042013). IOP Publishing.

Hajir, J. A., Obeidat, B. Y., & Al-dalahmeh, M. A., (2015). The Role of Knowledge Management Infrastructure in Enhancing Innovation at Mobile Telecommunication Companies in Jordan. *European Journal of Social Sciences*, *50* (3), 313-330.

Habibi, H., Jumadi, J., & Mundilarto, M. (2020). PhET simulation as means to trigger the creative thinking skills of physics concepts. *International Journal of Emerging Technologies in Learning, 15*(6), 166-172. DOI: https://doi.org/10.3991/ijet.v15i06.11319

Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2020, April). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *In Journal of Physics: Conference Series*, *1521*(2), p. 022017. IOP Publishing.

Huang, C., Yang, C., Wang, S., Wu, W., Su, J., & Liang, C. (2019). Evolution of topics in education research: a systematic review using bibliometric analysis. *Educational Review*, *72*, 1-17. doi:10.1080/00131911.2019.1566212.

Huang, F., Hoi, C. K. W., & Teo, T. (2018). The infuence of learning style on English learning achievement among undergraduates in Mainland China. *Journal of Psycholinguistic Research, 47*(5), 1069–1084. https://doi.org/10.1007/s10936-018-9578-3

Hsu, C.-Y., & Wu, T.-T. (2023). Application of Business Simulation Games in Flipped Classrooms to Facilitate Student Engagement and Higher-Order Thinking Skills for Sustainable Learning Practices. *Sustainability*, *15*(24), 16867. Retrieved from https://www.mdpi.com/2071-1050/15/24/16867

Ilie, V. (2019). The flipped classroom. *Education Quarterly Reviews*, *2*(2), 395-407. DOI: 10.31014/aior.1993.02.02.72

Ishimwe, A. T., & Rutegwa, M. (2024). Effectiveness of PhEt simulations on conceptual understanding of protein synthesis in selected secondary schools in the city of Kigali. *J. Res. Innov. Implications Educ.*, *8*, 66-76.

Keskitalo, T. (2015). *Developing a pedagogical model for simulation-based healthcare education*. University of Lapland Faculty of Education.

Khosh Tale, M. Vasefian, F. (2019). The effectiveness of teaching method based on physics simulation on the creativity of high school students in Isfahan in the academic year 1397-98. Scientific *Journal of Education and Evaluation (Quarterly), 12*(47), 185-204. [In Persian]

Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). "*Project-based learning." In Handbook of Research on Science Education*. 2, 275-300. Routledge.

Krobthong, T. (2015). Teaching University Physics by Using Interactive Science Simulations Methods. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 197*, 1811-1817. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.07.240

LeBlanc, V. R., & Posner, G. D. (2022). Emotions in simulation-based education: friends or foes of learning?. *Advances in simulation (London, England)*, *7*(1), 3. https://doi.org/10.1186/s41077-021-00198-6

Ndihokubwayo, K. (2017). Investigating the status and barriers of science laboratory activities in Rwandan teacher training colleges towards improvisation practice. *4*, 47-54.

O'Leary, F. (2024). How to deliver effective paediatric simulation based education. *Paediatric Respiratory Reviews*. doi: 10.1016/j.prrv.2024.05.001

Rajabiyan, M., Dortaj, F., Gojar, S. E., & Pourrostaei, S. (2020). The effect of computer-based educational simulation on problem-solving skills and cognitive ability of students. *Educational Psychology, 16*(57). doi: 10.22054/jep.2021.46702.2774. [In Persian]

Rajabiyan Dehzireh M, Maghami M, Hoseini S M A. (2023). The effect of interactive educational simulation on perceived motivational atmosphere and emotional self -awareness of students. *Journal of Cognitive Psychology*, *11*(3), 16-30.URL: http://jcp.khu.ac.ir/article-1-3713-fa.html. [In Persian]

Rajan, M. H., Herbert, C., & Polly, P. (2024). A Synthetic Review of Learning Theories, Elements and Virtual Environment Simulation Types to Improve Learning within Higher Education. *Thinking Skills and Creativity*, 101732.

Robertson, W. H. (2022). The Constructivist Flipped Classroom. *Journal of College Science Teaching, 52*(2), 3–5. https://doi.org/10.1080/0047231X.2022.12290644

Ross, S. (2021). Simulation-based learning: from learning theory to pedagogical application. *Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice*, *19*(4), 15.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology, 61*, 101860. doi: https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. New York, NY: Guilford Publishing

Saputri, A. (2021). Student Science Process Skills through the Application of Computer Based Scaffolding assisted by PhET Simulation. *At-Taqaddum, 13*, 21-38. doi:10.21580/at.v13i1.8151

Saastamoinen, T., Elomaa-Krapu, M., Härkänen, M., Näslindh-Ylispangar, A., & Vehviläinen-Julkunen, K. (2024). Students' experiences of a computer-based simulation game as a learning method for medication process: A qualitative study. *Teaching and Learning in Nursing, 19*(2), e432-e438. doi:https://doi.org/10.1016/j.teln.2024.01.009

Sedaghati, A., & Motiei, B. (2024). Explaining and Assessment of the Effectiveness/ Impact of Using Computer Simulation on the Academic Motivation of Architecture Students (Building Construction II). *Technology of Education Journal, 18*(4). 843-58. [In Persian]

Siahaan, P., Suryani, A., Kaniawati, I., Suhendi, E., & Samsudin, A. (2017). Improving Students' Science Process Skills through Simple Computer Simulations on Linear Motion Conceptions. *Journal of Physics Conference Series, 812*, 012017. doi:10.1088/1742-6596/812/1/012017.

Smetana, L., & Bell, R. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education, 34*. doi:10.1080/09500693.2011.605182

Sharifati, S., Nili Ahmad Abadi, M. R., & Maghami, H. (2021). The Effect of Simulation Chemistry Training on Spatial Ability and Problem Solving Skills for Tenth Year Female Students in Tehran. *Bimonthly of Education Strategies in Medical Sciences, 14*(2), 28-38. Retrieved from http://edcbmj.ir/article-1-2396-fa.html. [In Persian]

Tarján, P., Papp, G., & Sükösd, C. (2024). An educational simulation of a country's electric power system. *Nuclear Engineering and Design, 417*, 112807. doi:10.1016/j.nucengdes.2023.112807

Tawil, M., & Dahlan, A. (2017). Developing students' creativity through computer simulation based learning in quantum physics learning. *International Journal of Environmental & Science Education, 12*(8), 1829-1845.

Vallerand, R. J. Fortier, M. S. & Guay, F. (1993). Self- determination and persistence in a real life setting. Toward a motivational model of high school dropout. *Journal of personality and social psychology*. *72*, 1161 -1176.

Weisani, M., Lavasani, M. G., Ejei, J. (2012). The Effect of Achievment Goals on Statistic Anxiety Through Academic Motivation and Statistic Learning, *Journal of Psychology*, *16*(2), 142. magiran.com/p1030094. [In Persian]

Xiang, S., Li, Y., Yang, W., Ye, C., Li, M., Dou, S., Hu, W. (2024). The interplay between scientific motivation, creative process engagement, and scientific creativity: A network analysis study. *Learning and Individual Differences, 109*, 102385. doi:https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102385

Zangeneh, H., & Saedi, N. (2017). The effect of three-dimensional simulation of geometry concepts on students learning and retention in third grade of high school. *Bimonthly of Education Strategies in Medical Sciences, 9*(6), 431-438. Retrieved from http://edcbmj.ir/article-1-1093-fa.html. [In Persian]

Zendler, A., & Greiner, H. (2020). The effect of two instructional methods on learning outcome in chemistry education: The experiment method and computer simulation. *Education for Chemical Engineers, 30*, 9-19. doi:https://doi.org/10.1016/j.ece.2019.09.001