



Comparison of the Effect of Generative Learning Model and Concept Map Strategy on Learning and Retention of Biology Lesson of High School Female Students

Mitra Ruzbehi¹ , Hadi Keramati² , Javad Kavosian³ , Hamid Reza Hassanabadi⁴

1. PhD Candidate in Educational Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: mitraruzbehi@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Educational Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: keramati@khu.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Educational Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: j.Kavousian@khu.ac.ir
4. Associate Professor, Department of Educational Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: dr_hassanabadi@khu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received 14 August 2024
Received in revised form 22 June 2026
Accepted 01 September 2026
Published Online 23 September 2026

Keywords:
generative learning model,
concept map strategy,
learning,
retention,
biology lesson.

ABSTRACT

Background: Decreased learning and retention, and the resulting academic decline, cause problems in students' academic performance. Although previous studies have confirmed the effectiveness of the generative learning model and the concept map strategy on various variables, there is a research gap regarding the effect of these two model on learning and retention biology lessons in high school female students.

Aims: The aim of this study was to compare the effects of the generative learning model and the concept map strategy on learning and retention biology lessons in high school female students.

Methods: The method of this study was a Quasi-experimental pretest-posttest with a control group and a one-month follow-up. The statistical population of the study included all female students in the eleventh grade of the high school in public schools in District 1 of Shiraz city in the academic year 2022-2023. The statistical sample size was 45 people using G*Power software, who were selected using purposive sampling and randomly assigned to two experimental groups and a control group (15 people in each group). The data collection tools in this study were researcher-made tests of biology lesson learning and biology lesson retention. For the first experimental group, the generative learning model and for the second experimental group, the concept map strategy were implemented during 9, 90-minute weekly sessions. Also, to analyze the research data, the variance analysis with repeated measurement and SPSS software version 24 were used.

Results: The results showed that the difference between the learning and retention rates in the experimental and control groups was significant ($P < 0.001$). Also, the results of the Bonferroni post hoc test in this study showed that the efficacy of the generative learning model on learning and retention of biology lessons was significantly higher than the concept map strategy ($P < 0.001$).

Conclusion: According to the findings of the present study, it can be said that teaching the generative learning model plays a significant role in improving students' learning and retention. Therefore, it is suggested in short-term training programs provide the necessary background for biology teachers to become familiar with the generative learning model.

Citation: Ruzbehi, M., Keramati, H., Kavosian, J., & Hassanabadi, H.R. (2026). Comparison of the effect of generative learning model and concept map strategy on learning and retention of biology lesson of high school female students. *Journal of Psychological Science*, 25(163), 1-19. [10.66224/jps.25.163.3](https://doi.org/10.66224/jps.25.163.3)

Journal of Psychological Science, Vol. 25, No. 163, 2026

© The Author(s). DOI: [10.66224/jps.25.163.3](https://doi.org/10.66224/jps.25.163.3)



✉ **Corresponding Author:** Hadi Keramati, Associate Professor, Department of Educational Psychology, Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran.
E-mail: keramati@khu.ac.ir, Tel: (+98)9126076508

Extended Abstract

Introduction

One of the important components in the education system is the issue of student learning and retention (Teng, 2023; Walsh et al., 2023; Choffin et al., 2019). Learning and retention are issues that are of great importance throughout human life, especially during education, because learners are always exposed to tests and exams, and what is important in this process is gaining knowledge and meaningful learning of the course material (Teng, 2023). On the other hand, one of the important educational goals in the education system is to provide quality education and academic progress to students during the teaching and learning process. Therefore, one of the educational models that pays attention to quality in education and can lead to learning and retention outcomes in students is the generative learning model (Petersen, 2023; Makransky et al., 2021; Adeeko et al., 2020; Klingenberg et al., 2020). The generative learning model is a method in which, in order to understand a complex topic, learners need to first selectively pay attention to facts and then relate them to each other; the production of these relationships can be related to their prior knowledge or between facts and new information, which ultimately leads to the learner producing meaning for themselves and reaching a deep understanding of the topic (Petersen et al., 2023; Brod, 2021).

On the other hand, another effective educational method for learning and retention is the concept map educational model (Harvey, 2024; Hoppe & Gaßner, 2023; Hwang et al., 2020; Lestari et al., 2019; Moore et al., 2017). Concept maps are effective tools for organizing related information because they show the relationships between information in the form of networks and relationships and are a tool for describing key ideas and concepts related to a topic in a graphical form (Li et al., 2018; Gul & Boman, 2006). Through concept maps, students can externalize and display their knowledge and information about the subject, and after reorganization, combine their knowledge with new information, and finally display a combination of their new and old knowledge in the form of a concept

map (Ullah, 2020; Trundle & Bell and Bell, 2010; Erdogan, 2009; Lim et al., 2009).

Biology is one of the most challenging subjects for high school students due to the complexity of the concepts and the need to understand the relationships between them. Research shows that more than 60% of students face problems such as superficial learning, rapid forgetting of material, and difficulty in making connections between concepts in this subject (Anastasiou et al., 2024). On the other hand, related studies have shown that biology education in schools is often carried out in the form of theoretical and memory-oriented transfer of concepts, and pays less attention to conceptual understanding and the ability to apply knowledge in real situations (Tibell & Rundgren, 2010; Yates & Marek, 2024). Therefore, designing and implementing new educational methods that lead to deeper and more sustainable learning of biological concepts is a fundamental necessity of contemporary education. Generative learning models and concept mapping strategies pay special attention to learning elements, cognitive and metacognitive strategies of learners towards learning and memorization in all subjects, especially biology; thus, it seems that using these models in biology lessons would be useful. Given that none of the previous studies inside or outside Iran have simultaneously compared the effects of these two methods on students' learning and retention, the present study seeks to examine this comparison and answer the fundamental question: Is there a significant difference between the efficacy of the two methods, the generative learning model and the concept map strategy, in learning and retention biology lessons among high school female students?

Method

The method of this study was a Quasi-experimental pretest-posttest with a control group and a one-month follow-up. The statistical population of the study included all female students in the eleventh grade of the high school in public schools in District 1 of Shiraz city in the academic year 2022-2023. The statistical sample size was 45 people using G*Power software, who were selected using purposive sampling and randomly assigned to two experimental groups and a control group (15 people in each group).

The data collection tools in this study were researcher-made tests of biology lesson learning and biology lesson retention. For the first experimental group, the generative learning model and for the second experimental group, the concept map strategy were implemented during 9, 90-minute weekly sessions. Also, to analyze the research data, the variance analysis with repeated measurement and SPSS software version 24 were used.

Results

Table1. The results of Wilks's lambda test in univariate variance analysis of learning and retention

variables	test	value	F	Hypothesis df	Error df	P	squared Eta
learning	Wilks' Lambda	0.27	18.71	4	82	0.001	0.78
retention	Wilks' Lambda	0.30	16.85	4	82	0.001	0.75

According to the results reported in Table 1, it is clear that the results of the Wilks's lambda test indicate the significance of the variance of the interaction between the group and the repeated factor ($F=16/85$, $P=0.001$, $\eta^2=0.75$; $F=18/71$, $P=0.001$, $\eta^2=0.78$). It means that during the time (from pre-test to follow-up) the average of the variable of learning and retention has changed in one of the experimental groups and the control group. Further, in order to compare the effect

I The present study was conducted on 45 female students in the 11th grade of the high school. In terms of father's educational status, 13 (28.9%) had a diploma, 20 (44.4%) had an associate's degree, 8 (17.8%) had a bachelor's degree, and 4 (8.9%) had a master's degree or higher. Also, in terms of mother's educational status, 21 (46.7%) had a diploma, 15 (33.3%) had an associate's degree, 8 (17.8%) had a bachelor's degree, and 1 (2.2%) had a master's degree or higher. Next, the results of the Wilks Lambda test in the univariate analysis of variance of learning and retention are reported in Table 1.

of generative learning model and concept map strategy on learning and retention, the variance analysis with repeated measurement has been used. A comparison of the effects of the generative learning model and the concept map strategy on students' learning and retention using the variance analysis with repeated measurement method is presented in Table 2.

Table2. Results of variance analysis with repeated measurement in explaining the effect of independent variable on learning and retention

source	Effect	SS	df	MS	F	P	η^2
learning	time (within subject)	367.304	1.37	267.884	94.391	0.001	0.90
	group (between subjects)	239.659	2	119.830	81.467	0.001	0.79
	interaction effect group $\times$ time	76.874	2.74	28.033	40.539	0.001	0.66
retention	time (within subject)	271.881	1.86	145.518	97.321	0.001	0.85
	group (between subjects)	190.770	2	95.38	71.996	0.001	0.77
	interaction effect group $\times$ time	71.363	3.73	19.89	32.516	0.001	0.61

Table 2 shows the results of the variance analysis with repeated measurement in learning and retention variables. From the content of the table, it is clear that the main effect of group, the main effect of time, and the interactive effect of time and group on learning and retention are significant ($p < 0.001$, which means that there is a significant difference between the experimental and control groups in the amount of learning and memorization. To compare the research groups in pairs in learning and retention variables, the Bonferroni post hoc test was used, the results of

which showed that in the learning and retention variables, the difference between the generative learning and concept map groups with each other and the generative learning and concept map groups with the control group was significant; so that in the learning and memory variables, the generative learning and concept map group was more effective than the control group and the generative learning group was more effective than the concept map ($P < 0.001$).

Conclusion

The aim of this study was to compare the effects of the generative learning model and the concept map strategy on learning and retention biology lessons in high school female students. The first finding of this study showed that the generative learning model was more effective than the concept map strategy on students' learning. This finding is consistent with the results of studies by Petersen et al. (2023); Klingenberg et al. (2020); Hosseinzadeh et al. (2018); Bot (2018); Adeyemi & Awolere (2016); Wilhelm-Chapin & Koszalka (2016); Atsuwe & Anyebe (2016); Zare et al. (2015) and is also inconsistent with the results of the Sahhrai study (2015). In explaining this finding, it can be said that the way information enters memory and is learned is through attention, while generative learning begins with attention (Petersen et al., 2023; Grabowski, 2013) and in it, the student is encouraged to use attention-grabbing strategies. On the other hand, the way to achieve the birth and creation of meaning is to use cognitive and metacognitive strategies (Fiorella & Mayer, 2016), which help the learner to establish connections between information. As a result, the use of cognitive and metacognitive strategies and the connections produced lead to deeper learning and can improve the learner's learning.

Another finding of the present study showed that the generative learning model is more effective than the concept map strategy on students' retention. This finding is consistent with the results of studies by Foster (2022); Klingenberg et al. (2020); Adeeko et al. (2020); Hosseinzadeh et al. (2018); Atsuwe & Anyebe (2016); Zare et al. (2015). In explaining this finding, it can be said that one of the main components of the generative learning model is the elaboration of learning and the creation of meaning, which affects the level of student retention. The component of learning elaboration is largely a result of formative evaluation and feedback that each learner receives from the teacher, individually or in groups. Based on this feedback, they modify their learning and create new meaning, which enables the transfer of learning, which in fact allows learners to elaborate on their learning. Learners in all components of this model are constantly receiving

feedback and elaborating on their learning, meaning they are constantly elaborating on their learning, starting from the cognitive engagement stage and continuing until the moment of evaluation (Muhammad & Albanaa, 2023). According to the above explanations, it can be said that the components of learning elaboration and meaning creation in the generative learning model lead to improved biology lesson retention in students.

According to the findings of the present study, it can be said that teaching the generative learning model plays a significant role in improving students' learning and retention. Therefore, it is suggested in short-term training programs provide the necessary background for biology teachers to become familiar with the generative learning model.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines: This article is based on the first author doctoral dissertation in the field of educational psychology at the Faculty of Psychology and Educational Sciences, Kharazmi University. In order to maintain ethical principles in this study, an attempt was made to collect data after obtaining the participants' consent. Participants were also assured of confidentiality in maintaining personal information and presenting results without mentioning names or identifying information.

Funding: This research was done in the form of a doctoral thesis without financial support.

Authors' contribution: The first author of this article served as the main researcher, the second and third authors as the supervisors, and the fourth author as advisor.

Conflict of interest: The authors declare that there are no conflicts of interest to be declared in this research.

Acknowledgments: We hereby express our gratitude to all the students who participated in this research.



مقایسه تأثیر الگوی یادگیری زایشی و راهبرد نقشه مفهومی بر یادگیری و یادداری درس زیست‌شناسی در دانش‌آموزان دختر دوره دوم متوسطه

میترا روزبهی^۱، هادی کرامتی^۲، جواد کاووسیان^۳، حمیدرضا حسن‌آبادی^۴

۱. دانشجوی دکتری، گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: mitraruzbehi@yahoo.com

۲. دانشیار، گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: keramati@khu.ac.ir

۳. استادیار، گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: j.Kavousian@khu.ac.ir

۴. دانشیار، گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: dr_hassanabadi@khu.ac.ir

چکیده

مشخصات مقاله

زمینه: کاهش یادگیری و یادداری و افت تحصیلی ناشی از آن، باعث بروز مشکلاتی در عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان می‌شود. علی‌رغم این که در مطالعات پیشین، اثربخشی الگوی یادگیری زایشی و راهبرد نقشه مفهومی بر متغیرهای مختلف تأیید شده است، اما در مورد تأثیر این دو مدل بر یادگیری و یادداری درس زیست‌شناسی در دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه شکاف پژوهشی وجود دارد.

هدف: هدف این پژوهش، مقایسه تأثیر الگوی یادگیری زایشی و راهبرد نقشه مفهومی بر یادگیری و یادداری درس زیست‌شناسی در دانش‌آموزان دختر دوره دوم متوسطه بود.

روش: روش این پژوهش، نیمه‌آزمایشی از نوع پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه گواه و پیگیری یک ماهه بود. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم دوره دوم متوسطه در مدارس دولتی ناحیه ۱ شهر شیراز در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ بود. حجم نمونه آماری با استفاده از نرم‌افزار G^*Power ۴۵ نفر در نظر گرفته شد که با روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شده و به طور تصادفی در دو گروه آزمایش و یک گروه گواه (هر گروه ۱۵ نفر) قرار گرفتند. ابزارهای جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش، آزمون‌های محقق ساخته یادگیری درس زیست‌شناسی و یادداری درس زیست‌شناسی بود. برای گروه آزمایش اول، الگوی یادگیری زایشی و برای گروه آزمایش دوم نیز راهبرد نقشه مفهومی در طی ۹ جلسه هفتگی ۹۰ دقیقه‌ای اجرا شد. هم‌چنین برای تحلیل داده‌های پژوهش از روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و نسخه ۲۴ نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، تفاوت بین میزان یادگیری و یادداری در گروه‌های آزمایش و گواه معنادار بود ($P < 0.001$). هم‌چنین نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی در این پژوهش نشان داد که میزان اثربخشی الگوی یادگیری زایشی بر یادگیری و یادداری درس زیست‌شناسی، نسبت به راهبرد نقشه مفهومی، به طور معناداری بیشتر بود ($P < 0.001$).

نتیجه‌گیری: باتوجه به یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت آموزش الگوی یادگیری زایشی در بهبود یادگیری و یادداری دانش‌آموزان نقش بسزایی دارد، از این رو پیشنهاد می‌شود در برنامه‌های آموزش کوتاه مدت، زمینه لازم جهت آشنایی دبیران زیست‌شناسی با الگوی یادگیری زایشی فراهم شود.

استناد: روزبهی، میترا؛ کرامتی، هادی؛ کاووسیان، جواد؛ و حسن‌آبادی، حمیدرضا (۱۴۰۵). مقایسه تأثیر الگوی یادگیری زایشی و راهبرد نقشه مفهومی بر یادگیری و یادداری درس زیست‌شناسی در دانش‌آموزان دختر دوره دوم متوسطه. *مجله علوم روانشناختی*، دوره ۲۵، شماره ۱۶۳، ۱-۱۹.

DOI: 10.66224/jps.25.163.3.1405، شماره ۱۶۳، ۱۴۰۵



✉ نویسنده مسئول: هادی کرامتی، دانشیار گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: keramati@khu.ac.ir

تلفن: ۰۹۱۲۶۰۷۶۵۰۸

مقدمه

یکی از مؤلفه‌های مهم در نظام آموزش و پرورش، مسئله یادگیری^۱ و یادداری^۲ دانش‌آموزان است (تنگ، ۲۰۲۳؛ والش و همکاران، ۲۰۲۳؛ چوفین و همکاران، ۲۰۱۹). یادگیری و یادداری مسئله‌ای است که در طول زندگی انسان به ویژه در دوران تحصیل اهمیت بسزایی دارد، چرا که فراگیران همیشه در معرض امتحان و آزمون قرار دارند و آنچه در این فرایند اهمیت دارد، کسب شناخت و یادگیری معنادار مطالب درسی است (تنگ، ۲۰۲۳). از سوی دیگر، یکی از هدف‌های مهم آموزشی در نظام آموزش و پرورش، کیفیت بخشی به امر آموزش و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در جریان فرآیند یاددهی و یادگیری است. از این رو، یکی از الگوهای آموزشی که به کیفیت بخشی در آموزش توجه می‌کند و می‌تواند به پیامدهای یادگیری و یادداری در دانش‌آموزان منجر شود، الگوی یادگیری زایشی^۳ است (پترسن، ۲۰۲۳؛ ماکرانسکی و همکاران، ۲۰۲۱؛ آدکو و همکاران، ۲۰۲۰؛ کلینبرگ و همکاران، ۲۰۲۰). الگوی یادگیری زایشی، روشی است که در آن، یادگیرنده‌ها برای فهم یک موضوع پیچیده نیازمند آن هستند که ابتدا به طور انتخابی به وقایع توجه کرده و سپس آن‌ها را با هم مرتبط سازند؛ که تولید این رابطه‌ها می‌تواند با دانسته‌های قبلی خودشان مرتبط باشد یا این که بین خود وقایع و اطلاعات جدید به وجود آیند که در نهایت از این طریق، یادگیرنده برای خود معنا تولید می‌کند و به درک عمیقی از موضوع می‌رسد (پترسن و همکاران، ۲۰۲۳؛ برود، ۲۰۲۱). پیش فرض نظریه یادگیری زایشی این است که یادگیرنده، گیرنده منفعل اطلاعات نیست، بلکه مشارکت‌کننده‌های فعال و درگیر فهم معناداری از اطلاعات موجود در محیط است. درک و فهم با برقراری ارتباط بین اطلاعات، دانش گذشته و سایر مؤلفه‌های حافظه اتفاق می‌افتد. این مشارکت فعال برای ساخت معانی، دانش‌آموزان را با موضوعات مهم درگیر می‌کند تا با دستکاری‌های ذهنی و فیزیکی، دانش خود را عمیق‌تر کنند (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱). در یادگیری زایشی، مسئولیت اصلی یادگیری بر عهده فراگیر است و این دانش‌آموز است که با استفاده از راهبردهای شناختی و فراشناختی باید محتوا را معنادار سازد. در این دیدگاه معلم، نقش تسهیل‌گر و راهنما را ایفا می‌کند (پیلگارد و فیورلا، ۲۰۱۶). در

این راستا، مرادی و فردانش (۱۳۹۳) در پژوهش خود نشان دادند روش آموزش زایشی بر یادگیری و انگیزش دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی تأثیر معناداری دارد. کلینبرگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز در پژوهشی نشان دادند که روش تدریس مبتنی بر الگوی یادگیری زایشی به طور معناداری موجب بهبود انتقال یادگیری، یادداری و خودکارآمدی می‌شود. هم‌چنین، نتایج مطالعه آدکو و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که الگوی یادگیری زایشی به طور معناداری باعث بهبود نگهداری اطلاعات دانش‌آموزان در درس احتمالات می‌شود.

از سوی دیگر، یکی دیگر از روش‌های آموزشی مؤثر بر یادگیری و یادداری، الگوی آموزشی نقشه مفهومی^۴ است (هاروی، ۲۰۲۴؛ هوپ و گابنر، ۲۰۲۳؛ هوآنگ و همکاران، ۲۰۲۰؛ لستاری و همکاران، ۲۰۱۹؛ مور و همکاران، ۲۰۱۷). نقشه‌های مفهومی ابزارهای مؤثری برای سازماندهی اطلاعات مرتبط به هم هستند، زیرا در آن‌ها روابط بین اطلاعات، در قالب شبکه‌ها و روابط نشان داده می‌شود و ابزاری برای وصف ایده‌ها و مفاهیم کلیدی مربوط به یک موضوع در قالب یک شکل ترسیمی هستند (لی و همکاران، ۲۰۱۸؛ گال و بومن، ۲۰۰۶). هم‌چنین نقشه مفهومی شامل پیوند دادن حلقه‌های یک زنجیر است که به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا روابط شناخته شده پیشین و روابط جدید بین مفاهیم را درک کرده و به تبع آن به توسعه مفاهیم جدید بپردازند (هسوئه - چی و همکاران، ۲۰۱۰). نقشه‌های مفهومی به طور گسترده‌ای برای کمک به دانش‌آموزان برای سازماندهی دانش خود به کار گرفته می‌شوند (یامادا و همکاران، ۲۰۱۸؛ وو و همکاران، ۲۰۱۲). دانش‌آموزان از طریق نقشه مفهومی می‌توانند دانش و اطلاعات خود را درباره موضوع بیرون سازی کرده و نمایش دهند و بعد از سازماندهی مجدد، دانش خود را با اطلاعات جدید ترکیب نموده و در نهایت، ترکیبی از دانش جدید و قدیم خود را به صورت نقشه مفهومی نمایش دهند (آلا، ۲۰۲۰؛ تراندل و بل، ۲۰۱۰؛ اردوغان، ۲۰۰۹؛ لیم و همکاران، ۲۰۰۹). با بررسی مطالعات مرتبط با نقشه مفهومی، حوزه علوم در بین دیگر حوزه‌های دانش، پژوهش‌های بیشتری را به خود اختصاص داده است. نقشه‌های مفهومی و دیگر روش‌های گرافیکی مشابه که در آن مفاهیم به یکدیگر مرتبط هستند، به طور گسترده‌ای در آموزش و یادگیری

3. generative learning model

4. concept map

1. learning

2. retention

فیزیک، شیمی و هم‌چنین در سطوح مختلف آموزش و پرورش از ابتدایی تا سطوح پیشرفته استفاده می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱؛ نویسیان و کوپون، ۲۰۱۱). در همین زمینه، وانگ و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی نشان دادند که فعالیت‌های نقشه مفهومی به طور معناداری در یادگیری درس شیمی دانش آموزان اثربخش است. چو و همکاران (۲۰۲۲) نیز در پژوهش خود نشان دادند که به کارگیری نقشه‌های مفهومی موجب افزایش انگیزش یادگیری و بهبود بار شناختی دانش آموزان در درس علوم می‌شود. اسویلر (۲۰۲۳) نیز در مطالعه‌ای فراتحلیلی شامل ۵۵ پژوهش، نشان دادند که استفاده از نقشه‌های مفهومی می‌تواند عملکرد تحصیلی دانش آموزان در علوم تجربی را افزایش دهد و اثر قابل توجهی در یادگیری عمیق مفاهیم زیست‌شناسی دارد. هم‌چنین بالیگا و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که نقشه‌های مفهومی به عنوان ابزاری در یادگیری و تدریس دروس پزشکی دانشجویان مؤثر است. هم‌چنین پژوهش‌های متعدد دیگری مانند مطالعات ردفورد و همکاران (۲۰۱۲)، شی و شارما (۲۰۱۱)، بنتلی و همکاران (۲۰۱۱)، نسبیت و ادسپ (۲۰۱۱)، جیمز و همکاران (۲۰۱۰) اثربخشی نقشه مفهومی بر یادگیری را نشان دادند.

درس زیست‌شناسی به دلیل پیچیدگی مفاهیم و نیاز به درک روابط بین مفاهیم، یکی از دروس چالش‌برانگیز برای دانش آموزان دوره متوسطه است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که بیش از ۶۰٪ دانش آموزان با مشکلاتی مانند یادگیری سطحی، فراموشی سریع مطالب و دشواری در ایجاد پیوند بین مفاهیم در این درس مواجه‌اند (آناستازو و همکاران، ۲۰۲۴). از سوی دیگر، مطالعات مرتبط نشان داده‌اند که آموزش زیست‌شناسی در مدارس اغلب به صورت انتقال مفاهیم نظری و حافظه محور انجام می‌شود و کمتر به درک مفهومی و توانایی کاربرد دانش در موقعیت‌های واقعی توجه دارد (تیل و راندگرن، ۲۰۱۰؛ یتر و مارک، ۲۰۲۴). ازاین رو، طراحی و به‌کارگیری روش‌های آموزشی نوین که منجر به یادگیری عمیق‌تر و پایدارتر مفاهیم زیستی شوند، از ضرورت‌های اساسی آموزش معاصر به شمار می‌آید. الگوهای یادگیری زایشی و راهبرد نقشه‌های مفهومی به عناصر یادگیری، راهبردهای شناختی و فراشناختی یادگیرندگان در جهت یادگیری، یادداری در تمامی دروس به خصوص درس زیست‌شناسی توجه ویژه‌ای دارند؛ بدین ترتیب به نظر می‌رسد که به کارگیری این الگوها در درس زیست‌شناسی مفید واقع شود. هم‌چنین با در نظر داشتن اهمیت درس

زیست‌شناسی به لحاظ در برگرفتن مفاهیم و اصول مختلف و باتوجه‌به اهمیت آن در رشته علوم تجربی، یادگیری این درس به شیوه سنتی برای دانش آموزان اثربخش نخواهد بود، بلکه با روش‌های یادگیرنده محور، اثربخش‌تر خواهد بود. از طرفی، این درس دارای تعامل بین عناصری بالایی است و طبق مطالعات انجام شده بیشتر دانش آموزان برای یادگیری محتوای این درس با مشکل مواجه می‌شوند، و در واقع محتوای این درس دشوار قلمداد می‌شود (زارع و همکاران، ۱۳۹۴)؛ بنابراین باتوجه‌به آنچه گفته شد، درس زیست‌شناسی به عنوان درس مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شد. از جمله دلایل انتخاب این دو روش (الگوی یادگیری زایشی و نقشه مفهومی) برای مقایسه در پژوهش حاضر این بود که رویکرد زیربنایی این دو الگو با نظریه بارشناختی همسویی نزدیکی دارد، زیرا هر دو روش بر مبنای رویکرد شناختی شکل گرفته و گسترش یافته‌اند و هدف هر دو روش نیز تلاش در جهت تسهیل فرآیند یادداری - یادگیری عمیق معنادار است. باتوجه‌به این که در هیچ یک از مطالعات قبلی در داخل و خارج از ایران، به طور همزمان به مقایسه تأثیر این دو روش بر یادگیری و یادداری دانش آموزان پرداخته نشده است، از این رو، پژوهش حاضر به دنبال بررسی این مقایسه و پاسخ‌گویی به این سؤال اساسی است که آیا بین اثربخشی دو روش الگوی یادگیری زایشی و راهبرد نقشه مفهومی بر یادگیری و یادداری درس زیست‌شناسی در دانش آموزان دختر دوره دوم متوسطه، تفاوت معناداری وجود دارد؟

روش

الف) طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان

روش این پژوهش، نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه گواه بود. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی دانش آموزان دختر پایه یازدهم دوره دوم متوسطه در مدارس دولتی ناحیه ۱ شهر شیراز در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بود (دلیل انتخاب ناحیه ۱ این بود که مجوز آموزش و پرورش شهر شیراز تنها برای انجام پژوهش در این ناحیه بود). در این پژوهش، برای تعیین حجم نمونه از نرم‌افزار G*Power استفاده شد. با در نظر گرفتن اندازه اثر ۰/۶۰، ریسک خطای نوع یک در سطح ۵ درصد و توان آزمون ۰/۸، نمونه آماری به حجم ۴۵ نفر (۱۵ نفر در هر گروه) محاسبه شد. برای انتخاب نمونه آماری در پژوهش حاضر، پژوهشگران ابتدا آزمون

یادگیری و یادداری را باتوجه به محتوای کتاب زیست‌شناسی پایه یازدهم طراحی کردند و سپس از بین دانش‌آموزانی که نمرات پایینی را در این آزمون‌ها کسب کردند، تعداد ۷۵ نفر انتخاب شدند و سپس از بین این افراد، تعداد ۴۵ نفر به صورت هدفمند و باتوجه به ملاک‌های ورود و خروج انتخاب شده و به طور تصادفی در دو گروه آزمایش و یک گروه گواه (هر گروه ۱۵ نفر) قرار گرفتند. لازم به ذکر است که فرایند نمونه‌گیری در حدود یک ماه به طول انجامید. ملاک‌های ورود به این پژوهش شامل تحصیل در پایه یازدهم دوره متوسطه دوم، قرار داشتن در دامنه سنی حداقل ۱۵ و حداکثر ۱۷ سال، کسب نمرات پایین‌تر از ۱۲ در آزمون یادگیری و یادداری محقق ساخته درس زیست‌شناسی پایه یازدهم و اعلام رضایت-مندی برای شرکت در پژوهش حاضر و دریافت برنامه آموزشی بود و ملاک‌های خروج از پژوهش نیز وجود بیماری‌های جسمانی همچون مشکلات بینایی و شنوایی که زمینه‌ساز مشکلات تحصیلی فرد باشند، ابتلا به یکی از اختلال‌های روان‌شناختی و بیماری طبی شدید (بر اساس پرونده مشاوره‌ای دانش‌آموز)، غیبت در دو جلسه از برنامه آموزشی و دریافت همزمان برنامه دارودرمانی و یا روان‌درمانی بود.

(ب) ابزار

به منظور ساخت آزمون‌های محقق ساخته در پژوهش حاضر گام‌های زیر به ترتیب انجام شد: تهیه مقدماتی سؤالات آزمون یادگیری و یادداری متناسب با کتاب زیست‌شناسی پایه یازدهم، اجرای مقدماتی سؤالات بر روی تعدادی از دانش‌آموزان پایه یازدهم، ارائه سؤالات مقدماتی به دبیران زیست‌شناسی پایه یازدهم و بررسی روایی محتوایی آن، بررسی آماری سؤالات در مرحله مقدماتی و تحلیل داده‌ها، ویرایش سؤالات آزمون یادگیری و یادداری با توجه به نتایج به دست آمده در مرحله مقدماتی، اجرای سؤالات بر روی نمونه آماری پژوهش، تحلیل داده‌های به دست آمده و بررسی روایی و پایایی ابزار با استفاده از روش آلفای کرونباخ و تدوین سؤالات آزمون‌های یادگیری و یادداری به عنوان آزمون نهایی که در ادامه معرفی می‌شوند:

آزمون یادگیری درس زیست‌شناسی^۱: این آزمون محقق ساخته متناسب با محتوای کتاب پایه یازدهم طراحی شد. در ابتدا، براساس نظریه چرچیل

۱. biology lesson learning test

۲. convergent validity

۳. composite reliability

(۱۹۷۹) ابعاد یادگیری درس زیست‌شناسی در پایه یازدهم شناسایی شد سپس بر اساس این ابعاد، مجموعه‌ای از شاخص‌ها بر اساس مصاحبه با دانش‌آموزان مشخص شده و سپس مقوله‌بندی این شاخص‌ها براساس تحلیل عاملی اکتشافی انجام شد. عوامل به دست آمده شامل گیرنده‌های حسی انسان بار عاملی (۰/۶۷)، گیرنده حسی در جانوران (۰/۶۶)، گیرنده‌های مکانیکی در انسان (۰/۶۹)، گیرنده‌های مکانیکی در حیوان (۰/۶۴) به دست آمد. سپس ۳۹ سؤال بسته (چندگزینه‌ای) به صورت مقدماتی طراحی شد. پس از آن که عوامل اصلی و شاخص‌های سنجش آن‌ها (سؤالات) مشخص شد، از ۱۰ نفر دبیران درس زیست‌شناسی خواسته شد تا روایی محتوایی این آزمون محقق ساخته را بررسی کنند. جهت اطمینان از این که مهم‌ترین و صحیح‌ترین محتوا (ضرورت آیتم) انتخاب شده باشد، نسبت روایی محتوا (CVR) و شاخص روایی محتوا (CVI) اندازه‌گیری شد. بر این اساس، سؤالاتی که مقادیر CVI و CVR بالاتر از ۰/۸۰ اخذ نمودند مناسب، گویه‌هایی با مقادیر بین ۰/۷۰ تا ۰/۷۹ مورد بازنگری و اصلاح قرار گرفتند. پس از انجام موارد فوق، سؤالات آزمون به ۲۵ سؤال کاهش یافت. سپس به صورت آزمایشی بر روی ۱۰ نفر از دانش‌آموزان اجرا شد و پس از برآورد ضریب اعتبار (پایایی) به روش همسانی درونی و اصلاح سؤالات دارای ابهام و حذف سؤالات نامناسب، آزمون یادگیری درس زیست‌شناسی که شامل ۲۰ سؤال بود به عنوان آزمون نهایی در نظر گرفته شد. هم‌چنین ضریب روایی همگرا^۲ (AVE) ۰/۵۳، پایایی ترکیبی^۳ (CR) ۰/۷۳ و ضریب پایایی امگا^۴ (ML) ۰/۷۶ و پایایی این آزمون با استفاده از روش آلفای کرونباخ ۰/۷۴ به دست آمد.

آزمون یادداری زیست‌شناسی^۵: این آزمون محقق ساخته نیز متناسب با محتوای کتاب پایه یازدهم تدوین شد. در ابتدا براساس نظریه چرچیل (۱۹۷۹) ابعاد یادداری درس زیست‌شناسی در پایه یازدهم شناسایی شد و سپس بر اساس این ابعاد، مجموعه‌ای از شاخص‌ها براساس مصاحبه با دانش‌آموزان مشخص شد. در ادامه، مقوله‌بندی این شاخص‌ها بر اساس تحلیل عاملی اکتشافی انجام شد و عوامل به دست آمده شامل گیرنده‌های حسی انسان بار عاملی (۰/۶۸)، گیرنده حسی در جانوران (۰/۶۵)، گیرنده‌های مکانیکی در انسان (۰/۶۴)، گیرنده‌های مکانیکی در حیوان (۰/۶۱) به

۴. omega reliability

۵. biology retention test

دست آمد. سپس ۴۲ سؤال بسته (چندگزینه‌ای) به صورت مقدماتی تدوین شد. پس از آن که عوامل اصلی و شاخص‌های سنجش آن‌ها (سؤالات) مشخص شد از ۱۰ نفر از دبیران زیست‌شناسی خواسته شد تا روایی محتوایی این آزمون محقق ساخته را بررسی کنند. جهت اطمینان از این که مهم‌ترین و صحیح‌ترین محتوا (ضرورت آیت) انتخاب شده باشد، نسبت روایی محتوا (CVR) و شاخص روایی محتوا (CVI) اندازه‌گیری شد. بر این اساس، سؤالاتی که مقادیر CVI و CVR آن‌ها بالاتر از ۰/۸۰ بود مناسب در نظر گرفته شد و سؤالات با مقادیر بین ۰/۷۰ تا ۰/۷۹ مورد بازنگری و اصلاح قرار گرفتند. پس از انجام موارد فوق، سؤالات آزمون به ۲۸ سؤال کاهش یافت. سپس به صورت آزمایشی بر روی ۱۰ نفر از دانش‌آموزان اجرا شد و پس از برآورد ضریب اعتبار (پایایی) به روش همسانی درونی و اصلاح سؤالات دارای ابهام و حذف سؤالات نامناسب، آزمون یادداری زیست‌شناسی که شامل ۲۰ سؤال بود به عنوان آزمون نهایی شد. هم‌چنین ضریب روایی همگرا (AVE) ۰/۵۶، ضریب پایایی ترکیبی (CR) ۰/۷۴، ضریب پایایی امگا (ML) ۰/۷۹ و پایایی این آزمون نیز با استفاده از روش آلفای کرونباخ ۰/۷۲ به دست آمد.

ج) روش اجرا

پس از اخذ مجوزهای لازم از اداره آموزش و پرورش ناحیه یک شهر شیراز مبنی بر اجرای برنامه‌های آموزشی درس زیست‌شناسی برای دانش‌آموزان پایه یازدهم، پژوهشگر اصلی (نویسنده اول مقاله) با هماهنگی مدیران و معاونان آموزشی به چهار مدرسه دخترانه از مدارس دولتی این ناحیه مراجعه کرد. در مرحله نخست، به منظور شناسایی دانش‌آموزان واجد شرایط ورود به پژوهش، آزمون‌های محقق ساخته یادگیری و یادداری درس زیست‌شناسی بین دانش‌آموزان توزیع و اجرا شد. پس از تحلیل نتایج اولیه و با همکاری معلمان زیست‌شناسی، تعداد ۴۵ نفر از دانش‌آموزانی که دارای نمرات پایین‌تر از میانگین در آزمون‌های یادگیری و یادداری بودند، به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. در گام بعدی، پژوهشگر ضمن برگزاری جلسه‌ای توجیهی، اهداف کلی پژوهش، اهمیت موضوع، شیوه اجرای جلسات آموزشی و ملاحظات اخلاقی از جمله محرمانه بودن

اطلاعات، رعایت حقوق شرکت‌کنندگان، اختیار در انصراف از همکاری و ضرورت پاسخ‌گویی صادقانه را برای دانش‌آموزان و دبیران تشریح کرد. پس از کسب رضایت آگاهانه کتبی از شرکت‌کنندگان، شرکت‌کنندگان به طور تصادفی در سه گروه شامل دو گروه آزمایش و یک گروه گواه تقسیم شده تا از تأثیر متغیرهای جانبی احتمالی جلوگیری شود. هم‌چنین پژوهشگر دو الگوی یادگیری زایشی و آموزش راهبرد مفهومی را به صورت کامل و تخصصی به معلمان کلاس‌های انتخابی (گروه‌های آزمایش) آموزش داد تا بتوانند این الگوها را به صورت حرفه‌ای در کلاس‌های مورد بررسی اعمال کنند. لازم به ذکر است در این فرایند، دانش‌آموزان گروه گواه طی مدت اجرای پژوهش، آموزش زیست‌شناسی را به شیوه معمول و سنتی مدرسه (روش سخنرانی و پرسش و پاسخ) دریافت کردند و هیچ نوع برنامه آموزشی خاصی بر اساس الگوی زایشی یا راهبرد مفهومی برای آنان اجرا نشد. در مرحله پیش‌آزمون، هر سه گروه به آزمون‌های یادگیری و یادداری زیست‌شناسی پاسخ دادند تا سطح اولیه عملکرد شناختی آن‌ها مشخص گردد. سپس مداخله آموزشی برای گروه‌های آزمایشی اجرا شد. هم‌چنین داده‌های این پژوهش با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و نرم‌افزار SPSS-21 تجزیه و تحلیل شدند. به منظور کنترل متغیرهای مداخله‌گر، تمام گروه‌ها از لحاظ زمان برگزاری جلسات، محتوای درسی، فضای آموزشی، معلم و مدت زمان آموزش همسان‌سازی شدند. در جلسات گروه آزمایش اول (الگوی یادگیری زایشی)، بخشی از کتاب زیست‌شناسی پایه یازدهم (محتوای یکسان با آموزش چندرسانه‌ای) در طی ۹ جلسه هفتگی ۹۰ دقیقه‌ای متناسب با اصول الگوی یادگیری زایشی (توجه، انگیزش، دانستن و تولید) با اهدافی از قبیل گیرنده‌های حسی انسان و ویژگی آن‌ها، حواس ویژه در انسان‌ها، حس بینایی و بیماری‌های چشم، حس شنوایی، حس بویایی، حس چشایی، حس لامسه و گیرنده‌های حسی در جانوران، ارائه شد. خلاصه جلسات الگوی محقق ساخته یادگیری زایشی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه جلسات الگوی محقق ساخته یادگیری زایشی

جلسه	اهداف	محتوا	تکالیف
اول	آشنایی با گیرنده های حسی انسان و ویژگی آن‌ها	اجزاء دستگاه حسی، سازش در گیرنده‌های حسی	از دانش‌آموزان خواسته شد فعالیت مربوط به چگونگی سازش در گیرنده‌های حسی را انجام دهند.
دوم	آشنایی حواس ویژه در انسان‌ها	تعاریف اندام‌های حسی، ذکر حواس ویژه انسان‌ها (حس‌های بینایی، شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه) و اندام‌های حسی	از دانش‌آموزان خواسته شد فعالیت مربوط به ضرورت و اهمیت هر یک از اندام‌های حسی را انجام دهند.
سوم	آشنایی با حس بینایی	معرفی ساختار چشم به همراه کارکرد و ویژگی‌های هر یک از آن‌ها	از دانش‌آموزان خواسته شد تا بخش‌های مختلف چشم و کارکرد هر بخش را بنویسند.
چهارم	آشنایی با بیماری‌های چشم	ذکر انواع بیماری‌های چشم، علت آن و درمان آن	از دانش‌آموزان خواسته شد با استفاده از تصاویر صفحه ۲۵ کتاب تغییرات چشم، هنگام تطابق برای دیدن اجسام دور و نزدیک را مقایسه کنند.
پنجم	آشنایی با حس شنوایی	معرفی بخش‌های مختلف ساختار گوش و انواع اعصاب گوش	از دانش‌آموزان خواسته شد با توجه به تصویر صفحه ۲۹ کتاب بخش‌های مختلف گوش را بنویسند.
ششم	آشنایی با حس بویایی	اهمیت و ضرورت حس بویایی و معرفی انواع اختلال در عملکرد بویایی	از دانش‌آموزان خواسته شد فرایند مربوط به چگونگی تحریک گیرنده‌های بویایی و همچنین بخش‌های مختلف گیرنده‌های بویایی را بنویسند.
هفتم	آشنایی با حس چشایی	بیان اهمیت و ضرورت حس چشایی و چهار مزه اصلی شیرینی، شوری، ترشی، تلخی	از دانش‌آموزان خواسته شد با توجه به تصویر صفحه ۴۰ کتاب بخش‌های مختلف گیرنده‌های حس چشایی و همچنین کارکرد چهار مزه اصلی را بنویسند.
هشتم	آشنایی با حس لامسه	معرفی گیرنده‌های حسی - تنی انسان و بیان ویژگی‌های هر یک از آن‌ها	از دانش‌آموزان خواسته شد انواع گیرنده‌های حسی - تنی، جایگاه هر یک در بدن و چگونگی تحریک هر یک را بنویسند.
نهم	آشنایی با گیرنده‌های حسی در جانوران	معرفی گیرنده‌های حسی جانوران و بیان ویژگی‌های هر یک از آن‌ها	از دانش‌آموزان خواسته شد چگونگی تحریک ساختار خط جانبی در ماهی‌ها، گیرنده‌های شیمیایی در مگس و گیرنده‌های فرو سرخ در مار زنگی را بنویسند.

و کاهش حس بویایی، ساختار و عملکرد حس چشایی، گیرنده‌های حس لامسه و گیرنده‌های حسی در جانوران پرداخته شد. خلاصه جلسات مدل محقق ساخته آموزش راهبرد مفهومی در جدول ۲ ارائه شده است.

هم‌چنین برای گروه آزمایش دوم، آموزش راهبرد مفهومی در طی ۹ جلسه هفتگی ۹۰ دقیقه‌ای متناسب با اصول راهبرد نقشه مفهومی و با محتوایی از قبیل اجزای دستگاه حسی، اندام‌های حسی در انسان، بخش‌های مختلف چشم، بیماری‌های چشم، ساختار گوش، حس بویایی، فواید آن و افزایش

جدول ۲. خلاصه جلسات مدل محقق ساخته آموزش راهبرد مفهومی

جلسه	اهداف	محتوا	تکالیف
اول	آشنایی با گیرنده‌های حسی انسان و ویژگی آن‌ها	اجزاء دستگاه حسی	از دانش‌آموزان خواسته شد فعالیت مربوط به بخش‌های مختلف دستگاه حسی را انجام دهند.
دوم	آشنایی حواس ویژه در انسان‌ها	اندام‌های حسی در انسان	از دانش‌آموزان خواسته شد کارکرد هر یک از اندام‌های حسی انسان را در زندگی روزمره بنویسند.
سوم	آشنایی با حس بینایی	بخش‌های مختلف چشم	از دانش‌آموزان خواسته شد تصاویر ارائه شده مربوط به ساختار چشم را تکمیل کرده و سپس کارکرد هر یک از آن‌ها را بنویسند.
چهارم	آشنایی با بیماری‌های چشم	بیماری‌های چشم (آب سیاه، آب مروارید و...)	از دانش‌آموزان خواسته شد با استفاده از تصاویر صفحه ۲۷ کتاب تفاوت قرینه طبیعی و غیرطبیعی را بنویسند و سپس تکالیف مربوط به اصلاح نزدیک بینی و دوربینی با استفاده از عدسی مربوطه انجام دهند.
پنجم	آشنایی با حس شنوایی	ساختار گوش (گوش میانی، درونی و بیرونی)	از دانش‌آموزان خواسته شد با توجه به تصویر صفحه ۲۹ کتاب به سؤالات زیر پاسخ دهند: بین بخش بیرونی و میانی گوش کدام ساختار قرار دارد؟ استخوان‌های کوچک در کدام بخش گوش قرار دارند؟

جلسه	اهداف	محتوا	تکالیف
ششم	آشنایی با حس بویایی	حس بویایی و فواید آن، افزایش و کاهش حس بویایی	حلزون گوش در کدام بخش آن قرار دارد؟ از دانش آموزان خواسته شد فرایند مربوط به چگونگی تحریک گیرنده های بویایی و هم چنین بخش های مختلف گیرنده های بویایی را بنویسند.
هفتم	آشنایی با حس چشایی	ساختار و عملکرد حس چشایی	از دانش آموزان خواسته شد تفاوت فرایند فعال شدن گیرنده های چشایی و بویایی را با هم مقایسه کنند و هم چنین باتوجه به تصویر صفحه ۴۰ کتاب بخش های مختلف گیرنده های حس چشایی را بنویسند.
هشتم	آشنایی با حس لامسه	گیرنده های حس لامسه (گیرنده های مکانیکی، حرارتی و درد)	از دانش آموزان خواسته شد انواع گیرنده های حسی - تنی، جایگاه هر یک در بدن و چگونگی تحریک هر یک را بنویسند.
نهم	آشنایی با گیرنده های حسی در جانوران	گیرنده های حسی در جانوران (گیرنده های نوری چشم مرکب و گیرنده های فروسرخ مار زنگی)	از دانش آموزان خواسته شد باتوجه به تصاویر صفحه ۳۳ کتاب بخش های مختلف ساختار خط جانبی در ماهی ها و گیرنده شیمیایی در مگس را بنویسند.

یافته ها

در پژوهش حاضر ۴۵ نفر از دانش آموزان دختر پایه یازدهم دوره دوم متوسطه شرکت کردند. از نظر وضعیت تحصیلات پدر، ۱۳ نفر (۲۸/۹ درصد) دیپلم، ۲۰ نفر (۴۴/۴ درصد) کاردانی، ۸ نفر (۱۷/۸ درصد) کارشناسی، ۴ نفر (۸/۹ درصد) کارشناسی ارشد و بالاتر بودند. هم چنین از

نظر وضعیت تحصیلات مادر، ۲۱ نفر (۴۶/۷ درصد) دیپلم، ۱۵ نفر (۳۳/۳ درصد) کاردانی، ۸ نفر (۱۷/۸ درصد) کارشناسی، ۱ نفر (۲/۲ درصد) کارشناسی ارشد و بالاتر بودند. شاخص های توصیفی (میانگین و انحراف معیار) متغیر یادگیری و یادداری در مراحل سه گانه پیش آزمون، پس آزمون و پیگیری در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. شاخص های توصیفی متغیرهای پژوهش و خرده مقیاس های آن ها

متغیرها	گروه	پیش آزمون		پس آزمون		پیگیری	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
یادگیری زایشی		۱۳/۴۷	۰/۵۱	۱۸/۰۷	۰/۷۰	۱۹/۰۷	۰/۷۰
یادگیری	راهبرد نقشه مفهومی	۱۳/۲۰	۰/۹۴	۱۶/۸۰	۱/۱۴	۱۷/۴۷	۱/۱۲
	گواه	۱۲/۸۰	۰/۸۶	۱۳/۸۷	۱/۰۶	۱۴/۳۳	۰/۸۱
یادگیری زایشی		۱۳/۸۰	۰/۶۷	۱۸/۰۰	۰/۶۵	۱۹/۱۳	۰/۵۱
یادداری	راهبرد نقشه مفهومی	۱۳/۵۳	۰/۷۴	۱۵/۹۳	۰/۷۰	۱۶/۹۳	۰/۸۸
	گواه	۱۳/۴۰	۱/۱۲	۱۴/۰۰	۱/۰۶	۱۴/۸۰	۱/۳۷

همان طور که نتایج جدول ۳ نشان می دهد در متغیرهای یادگیری و یادداری، میانگین نمرات شرکت کنندگان در دو گروه یادگیری زایشی و راهبرد نقشه مفهومی نسبت به گروه گواه در مراحل پس آزمون و پیگیری (بعد از اجرای متغیر مستقل) افزایش بیشتری پیدا کرده است. برای اجرای آزمون تحلیل واریانس تک متغیری با اندازه گیری مکرر ابتدا مفروضه های آن بررسی شدند. جهت بررسی نرمال بودن توزیع نمره ها در متغیر یادگیری در گروه های آزمایش و گواه از آزمون کولموگرووف - اسمیرنف استفاده

شد. سطح معناداری آزمون کولموگرووف - اسمیرنف در متغیر یادگیری در گروه های آزمایش و گواه بزرگ تر از سطح معناداری (۰/۰۵) مورد نیاز برای رد فرض صفر بود؛ بنابراین فرض صفر مبنی بر نرمال بودن توزیع متغیر وابسته مورد تأیید قرار گرفت. هم چنین جهت بررسی مفروضه همگنی واریانس های درون گروهی در گروه های آزمایش و گواه از آزمون لون استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد که سطح معناداری آزمون لون در متغیر یادگیری، بزرگ تر از سطح معناداری (۰/۰۵) مورد نیاز برای رد فرض

صفر بود، بنابراین فرض صفر مبنی بر مفروضه همگنی واریانس‌های درون گروهی در گروه‌های آزمایش و گواه مورد تأیید قرار گرفت. یکی دیگر از مفروضه‌های آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، مفروضه

کرویت است که شرط لازم برای معتبر بودن آزمون F است. این مفروضه از طریق آزمون موچلی بررسی شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون موچلی برای متغیرهای یادگیری و یادداری

متغیر	موچلی	مجدور کا	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	گرین هاوس - گیسر
یادگیری	۰/۵۴	۲۵/۱۶	۲	۰/۰۰۱	۰/۶۸
یادداری	۰/۸۳	۷/۳۸	۲	۰/۰۲	۰/۸۶

مطابق با نتایج جدول ۴، بررسی آماره موچلی نشان داد در متغیر یادگیری سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است و مفروضه برقرار نیست و به دلیل این که مقادیر اپسیلون گرین هاوس - گیسر آن‌ها کمتر از ۰/۷۰ است از این اپسیلون استفاده شد. در متغیر یادداری نیز بررسی آماره موچلی نشان داد، سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است و مفروضه برقرار نیست و به دلیل این

که مقادیر اپسیلون گرین هاوس - گیسر آن‌ها بیشتر از ۰/۷۰ است، از اپسیلون هون و فلت استفاده شد. در ادامه، نتایج آزمون لامبدای ویلکز در تحلیل واریانس تک متغیره یادگیری و یادداری در جدول ۵ گزارش شده است.

جدول ۵. نتایج آزمون لامبدای ویلکز در تحلیل واریانس تک متغیره یادگیری و یادداری

متغیر	آزمون	ارزش	F	Hypothesis df	Error df	P	مجدور کا
یادگیری	لامبدای ویلکز	۰/۲۷	۱۸/۷۱	۴	۸۲	۰/۰۰۱	۰/۷۸
یادداری	لامبدای ویلکز	۰/۳۰	۱۶/۸۵	۴	۸۲	۰/۰۰۱	۰/۷۵

مطابق با نتایج گزارش شده در جدول ۵، نتایج آزمون لامبدای ویلکز حاکی از معنی‌داری واریانس تعامل گروه و عامل مکرر است ($\eta^2=0/78$)، $(F=18/71, p=0/001, \eta^2=0/75)$ ؛ بدین معنی که در طی زمان (از پیش‌آزمون تا پیگیری)، میانگین متغیر یادگیری و یادداری

در یکی از گروه‌های آزمایشی و گروه گواه تغییر کرده است. در ادامه، جهت مقایسه تأثیر الگوی یادگیری زایشی و راهبرد نقشه مفهومی بر یادگیری و یادداری دانش‌آموزان از روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶. نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در تبیین اثر متغیر مستقل بر یادگیری و یادداری

متغیر	منبع اثر	SS	df	MS	F	P	η^2
یادگیری	زمان (درون‌آزمودنی)	۳۶۷/۳۰۴	۱/۳۷	۲۶۷/۸۸۴	۹۴/۳۹۱	۰/۰۰۱	۰/۹۰
	گروه (بین‌آزمودنی)	۲۳۹/۶۵۹	۲	۱۱۹/۸۳۰	۸۱/۴۶۷	۰/۰۰۱	۰/۷۹
	اثر متقابل گروه × زمان	۷۶/۸۷۴	۲/۷۴	۲۸/۰۳۳	۴۰/۵۳۹	۰/۰۰۱	۰/۶۶
یادداری	زمان (درون‌آزمودنی)	۲۷۱/۸۸۱	۱/۸۶	۱۴۵/۵۱۸	۹۷/۳۲۱	۰/۰۰۱	۰/۸۵
	گروه (بین‌آزمودنی)	۱۹۰/۷۷۰	۲	۹۵/۳۸	۷۱/۹۹۶	۰/۰۰۱	۰/۷۷
	اثر متقابل گروه × زمان	۷۱/۳۶۳	۳/۷۳	۱۹/۰۸۹	۳۲/۵۱۶	۰/۰۰۱	۰/۶۱

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که اثر اصلی گروه، زمان و اثر تعاملی زمان و گروه بر یادگیری و یادداری معنادار بود ($P < 0/001$)، بدین معنی که

تفاوت معناداری بین میزان یادگیری و یادداری در گروه‌های آزمایش و گواه وجود دارد. هم‌چنین بین میزان این متغیرها در سه مرحله پیش‌آزمون،

پس آزمون و پیگیری، تفاوت وجود دارد. برای مقایسه دو به دو گروه‌های پژوهش در متغیرهای یادگیری و یادداری از آزمون تعقیبی بنفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی برای مقایسه دو به دو گروه‌های پژوهش در متغیرهای یادگیری و یادداری

متغیر	زمان	اختلاف میانگین	خطا	سطح معنی داری	حد پایین	حد بالا
زمان	پیش آزمون - پس آزمون	۳/۰۸-	۰/۱۷	۰/۰۰۱	۳/۵۱-	۲/۶۵-
	پیش آزمون - پیگیری	۳/۸۰-	۰/۱۶	۰/۰۰۱	۴/۲۰-	۳/۳۹-
	پس آزمون - پیگیری	۰/۷۱	۰/۸۰	۰/۰۰۱	۰/۵۰	۰/۹۱
	یادگیری زایشی - نقشه مفهومی	۱/۰۴	۰/۲۵	۰/۰۰۱	۰/۴۰	۱/۶۸
یادگیری	یادگیری زایشی - گواه	۳/۲۰	۰/۲۵	۰/۰۰۱	۲/۵۶	۳/۸۳
	نقشه مفهومی - گواه	۲/۱۵	۰/۲۵	۰/۰۰۱	۱/۵۱	۲/۷۹
	پیش آزمون - پس آزمون	۲/۴۰-	۰/۱۵	۰/۰۰۱	۲/۷۸-	۲/۰۱-
	پیش آزمون - پیگیری	۳/۳۷-	۰/۱۸	۰/۰۰۱	۳/۸۳۱-	۲/۹۲-
یادداری	پس آزمون - پیگیری	۰/۹۷-	۰/۱۲	۰/۰۰۱	۱/۲۹-	۰/۶۶-
	یادگیری زایشی - نقشه مفهومی	۱/۵۱	۰/۲۴	۰/۰۰۱	۰/۹۰	۲/۱۱
	یادگیری زایشی - گواه	۳/۹۱	۰/۲۴	۰/۰۰۱	۲/۳۰	۳/۵۱
	نقشه مفهومی - گواه	۱/۴۰	۰/۲۴	۰/۰۰۱	۰/۷۹	۲/۰۰

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی مقایسه تأثیر الگوی یادگیری زایشی و راهبرد نقشه مفهومی بر یادگیری و یادداری درس زیست‌شناسی در دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه انجام شد. یافته اول این پژوهش نشان داد که الگوی یادگیری زایشی نسبت به راهبرد نقشه مفهومی بر یادگیری دانش‌آموزان، مؤثرتر بود. این یافته با نتایج مطالعات پترسن و همکاران (۲۰۲۳)؛ کلینبرگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۸)؛ بوت (۲۰۱۸)؛ ادیمی و اولر (۲۰۱۶)؛ ویلهلم کاپتین و کوزالکا (۲۰۱۶)؛ اتسو و انیه (۲۰۱۶)؛ زارع و همکاران (۱۳۹۴) همسو است و هم‌چنین با نتیجه پژوهش صحرایی (۱۳۹۴) ناهمسو است. در این راستا، مرادی و فردانش (۱۳۹۳) در پژوهش خود نشان دادند روش آموزش زایشی بر یادگیری و انگیزش دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی تأثیر معناداری دارد. کلینبرگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز در پژوهش خود نشان دادند که روش تدریس مبتنی بر الگوی یادگیری زایشی به طرز معناداری موجب بهبود انتقال یادگیری می‌شود. در تبیین این یافته می‌توان گفت، راه ورود اطلاعات به حافظه و یادگیری آن، توجه است و این در حالی است که

نتایج جدول ۷ در سه مرحله اندازه‌گیری نشان می‌دهد که بین میانگین متغیرهای پژوهش در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون، پیگیری نسبت به پیش‌آزمون و پیگیری نسبت به پس‌آزمون، تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/001$) و با افزایش همراه بود. هم‌چنین در متغیرهای یادگیری و یادداری، تفاوت بین گروه‌های یادگیری زایشی و نقشه مفهومی با یکدیگر و گروه‌های یادگیری زایشی و نقشه مفهومی با گروه گواه، معنادار بود؛ به طوری که در متغیر یادگیری به ترتیب تفاوت میانگین یادگیری زایشی با نقشه مفهومی ($1/04$) ($P < 0/001$) که یادگیری زایشی نسبت به نقشه مفهومی، معنادارتر؛ یادگیری زایشی با گروه گواه ($3/20$) ($P < 0/001$) که یادگیری زایشی نسبت به گروه گواه معنادارتر؛ و نقشه مفهومی با گروه گواه ($2/15$) ($P < 0/001$) که نقشه مفهومی نسبت به گروه گواه معنادارتر بود. هم‌چنین در متغیر یادداری، به ترتیب تفاوت میانگین یادگیری زایشی با نقشه مفهومی ($1/51$) ($P < 0/001$) که یادگیری زایشی نسبت به نقشه مفهومی معنادارتر؛ یادگیری زایشی با گروه گواه ($3/91$) ($P < 0/001$) که یادگیری زایشی نسبت به گروه گواه معنادارتر؛ و گروه نقشه مفهومی با گروه گواه ($1/40$) ($P < 0/001$) که نقشه مفهومی نسبت به گروه گواه معنادارتر بود.

یادگیری زایشی با توجه آغاز می‌شود (پترسن و همکاران، ۲۰۲۳؛ گرابوسکی، ۲۰۱۳) و در آن، دانش‌آموز به استفاده از راهبردهای جلب توجه، تشویق می‌شود. از طرفی، راه رسیدن به زایش و خلق معنا استفاده از راهبردهای شناختی و فراشناختی است (فیورلا و مایر، ۲۰۱۶) که کمک می‌کند یادگیرنده به کمک آن‌ها بین اطلاعات، ارتباط برقرار کند در نتیجه استفاده از راهبردهای شناختی و فراشناختی و ارتباطات تولید شده باعث یادگیری عمیق‌تر شده و می‌تواند باعث بهبود یادگیری یادگیرنده شود. از سوی دیگر، از آنجایی که مهارت‌های ضعیف مطالعه و راهبردهای یادگیری بی‌اثر از جمله دلایل افت تحصیلی و مانع پیشرفت علمی دانش‌آموزان هستند (سابرمانیان، ۲۰۱۸) توسعه مهارت‌های یادگیری، ضروری به نظر می‌رسد. توسعه مهارت یادگیری، نه تنها به وجود توانایی‌های پردازش اطلاعات شناختی و فراشناختی وابسته است، بلکه بر آمادگی افراد برای تعریف و تعیین اهداف‌شان، فعال بودن، تفسیر درست از موفقیت‌ها و شکست‌ها و انتقال خواسته‌ها و آرزوها به اهداف و برنامه‌ریزی آنان بستگی دارد. خزانه راهبردهای یادگیری، به تدریج و با کمک معلمان از طریق ارائه مدل‌ها و الگوها از سوی معلم، داربست‌های یادگیری برای دانش‌آموز و از طریق کمک به اصلاح اسناد موفقیت و شکست تحصیلی توسعه می‌یابد. بدین ترتیب دانش‌آموز، آموختن به شیوه کارآمد و اثربخش را می‌آموزد. او در روند تبدیل شدن به یک دانش‌آموز موفق و کارآمد بی‌نیاز از دریافت بازخورد نیست، در این بخش معلم با بازخوردهای فراشناختی مناسب و کارساز او را قادر می‌سازد تا نقاط ضعف خود را به صورت فعال شناسایی کند. توجه، هدف‌گذاری و برنامه‌ریزی، انگیزه و اسناد تلاش، ادراک مثبت از خود، موضوع درسی و انتظارات معلم، کار با همسالان، فعال و مؤثر بودن، فرصت‌های متعدد یادگیری، استفاده از راهبردهای یادگیری، داربست‌ها، بازخوردها، الگودهی‌ها و حمایت‌های معلم، تولید ارتباط بین مطالب، زایش و خلق معنا و نهایتاً ارزشیابی و اصلاح همه در کنار هم زمینه‌ای را فراهم می‌آورد تا دانش‌آموز به درک عمیقی از موضوع دست یابد، در نتیجه بتواند به یادگیری قابل انتظار برسد (وانگ و همکاران، ۲۰۲۰).

یافته دیگر پژوهش حاضر نشان داد که الگوی یادگیری زایشی نسبت به راهبرد نقشه مفهومی بر یادداری دانش‌آموزان، مؤثرتر است. این یافته با نتایج مطالعات فوستر (۲۰۲۲)؛ کلینبرگ و همکاران (۲۰۲۰)؛ آدکو و

همکاران (۲۰۲۰)، حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۸)؛ اتسو و انیه (۲۰۱۶)؛ زارع و همکاران (۱۳۹۴) همسو است. در این راستا، موسر و لواتر (۲۰۲۴) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که الگوی یادگیری زایشی به طور معناداری در بهبود فهمیدن افراد، اثربخش است. آدکو و همکاران (۲۰۲۰) نیز در پژوهشی گزارش کردند که الگوی یادگیری زایشی به طرز معناداری باعث بهبود نگهداری اطلاعات دانش‌آموزان در درس احتمالات می‌شود. همچنین، کلینبرگ و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود نشان دادند که روش تدریس مبتنی بر الگوی یادگیری زایشی به طرز معناداری موجب بهبود انتقال یادداری می‌شود. در تبیین این یافته می‌توان گفت که یکی از مؤلفه‌های اصلی الگوی یادگیری زایشی شرح و بسط یادگیری و خلق معنا است که بر میزان یادداری دانش‌آموزان مؤثر است. مؤلفه شرح و بسط یادگیری بیشتر ناشی از ارزشیابی تکوینی و بازخوردی است که هر یک از یادگیرندگان به صورت فردی یا به صورت گروهی از معلم دریافت می‌کنند و بر اساس این بازخورد، یادگیری خود را اصلاح کرده و معنای جدیدی خلق می‌کنند که این موجب انتقال یادگیری را فراهم می‌آورد که در واقع امکان شرح و بسط یادگیری برای یادگیرندگان به وجود می‌آید. یادگیرندگان در تمامی مؤلفه‌های این مدل مدام در حال گرفتن بازخورد و شرح و بسط یادگیری خود هستند، یعنی از مرحله درگیرسازی شناختی شروع و تا لحظه ارزشیابی مدام در حال شرح و بسط یادگیری خود می‌باشند (محمود و البانا، ۲۰۲۳). از سوی دیگر، در مؤلفه خلق معنا، یادگیرندگان در طول این مدل از ابتدای آن؛ یعنی درگیرسازی تا ارزشیابی به طور مدام در حال خلق معنا هستند و هر بار معناهای خلق شده قبلی خود در هنگام رویارویی با چالش را مورد بازبینی قرار داده و پس از رسیدن به تعادل شناختی و با شرح و بسط آن معنای جدیدی را خلق می‌کنند. وجود دانش و تجارب پیشین خوب در رابطه با موضوع به ویژه زمانی که آن‌ها کاملاً با موضوع مرتبط هستند، موجب به کارگیری بهتر مهارت‌های شناختی و در نتیجه احتمال رسیدن به خلق معنای عمیق‌تر از موضوع افزایش پیدا می‌کند (خان و همکاران، ۲۰۲۳). باتوجه به توضیحات فوق می‌توان گفت مؤلفه‌های شرح و بسط یادگیری و خلق معنا در الگوی یادگیری زایشی منجر به بهبود یادداری درس زیست‌شناسی در دانش‌آموزان می‌شود. هر مطالعه علمی دارای محدودیت‌هایی است. از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به محدود بودن نمونه آماری به دانش‌آموزان دختر دوره

منابع

- حسین زاده، فاطمه؛ رستگارپور، حسن؛ محمدحسینی، نسرين؛ سلیمی، ساسان (۱۳۹۸). تأثیر طراحی چندرسانه‌ای آموزشی مبتنی بر اصول نظریه بارشناختی بر یادگیری، یادداری و انگیزه پیشرفت تحصیلی در درس ریاضی. *فصلنامه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی*، ۱۰(۳۸)، ۲۵-۵. <https://sanad.iau.ir/fa/Article/1006674>
- زارع، محمد؛ مهربان، جواد و ساریخانی، راحله (۱۳۹۴). بررسی تأثیر استفاده از چندرسانه‌ای آموزشی بر میزان یادگیری و انگیزه پیشرفت در درس فیزیولوژی. *فصلنامه روان‌شناسی تربیتی*، ۱۱(۳۶)، ۱۷۹-۱۹۰. https://jep.atu.ac.ir/article_1595.html
- صحرايي، فاطمه (۱۳۹۴). تأثیر الگوی یادگیری زایشی بر انگیزش پیشرفت تحصیلی، راهبردهای یادگیری خودتنظیمی و یادگیری دانشجویان رشته علوم تربیتی دانشگاه اراک. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه اراک. https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/b54ef35a2bf0d06a_c14a3e8de5fbc0f7
- مرادی، مهسا و فردانش، هاشم (۱۳۹۳). تأثیر روش آموزش مبتنی بر الگوی طراحی یادگیری زایشی بر انگیزش و یادگیری دانش‌آموزان در درس زیست‌شناسی. *فصلنامه مهندسی آموزشی: تکنولوژی و طراحی*، ۳(۳)، ۱-۹. <file:///C:/Users/jamjam/Downloads/6013913930301.pdf>

دوم متوسطه در شهر شیراز اشاره کرد. از این رو، بایستی در تعمیم نتایج این پژوهش به مناطق و گروه‌های دیگر احتیاط کرد. هم‌چنین مرحله پیگیری در این پژوهش، کوتاه مدت بود که باید در پایداری و ثبات نتایج این مسئله مدنظر قرار گیرد. هم‌چنین از آنجایی که روش پژوهش حاضر، نیمه‌آزمایشی بود و امکان کنترل تمام متغیرهای مداخله‌گر وجود نداشت (سواد والدین، وضعیت اجتماعی و اقتصادی آن‌ها و ویژگی‌های شخصیتی دانش‌آموزان) امکان دارد شرکت‌کنندگان تحت تأثیر شرایطی که از کنترل پژوهشگر خارج است، قرار گرفته باشند، و این امر می‌تواند روایی درونی پژوهش را به خطر بیندازد. باتوجه‌به این محدودیت‌ها پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی همین موضوع با دوره‌های پیگیری با فاصله زمانی بیشتری انجام شود. هم‌چنین باتوجه‌به این که یافته‌های این پژوهش نشان داد که الگوی یادگیری زایشی نسبت به راهبرد نقشه مفهومی بر یادگیری و یادداری درس زیست‌شناسی در دانش‌آموزان مؤثرتر بود، پیشنهاد می‌شود آموزش‌های لازم در زمینه آشنایی دبیران درس زیست‌شناسی با الگوی یادگیری زایشی در برنامه آموزش‌های کوتاه مدت آنان گنجانده شود. علاوه بر این به دبیران درس مذکور پیشنهاد می‌شود که در راستای تقویت یادگیری و یادداری، برنامه درسی خود را بر اساس این الگو تدوین کنند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش: این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول در رشته روان‌شناسی تربیتی در دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی دانشگاه خوارزمی تهران است. به جهت حفظ رعایت اصول اخلاقی در این پژوهش سعی شد تا جمع‌آوری اطلاعات پس از جلب رضایت آگاهانه شرکت‌کنندگان انجام شود. هم‌چنین به شرکت‌کنندگان درباره اصل رازداری در حفظ اطلاعات شخصی و ارائه نتایج بدون قید نام و مشخصات افراد، اطمینان داده شد.

حامی مالی: این پژوهش در قالب رساله دکتری و بدون حمایت مالی می‌باشد.

نقش هر یک از نویسندگان: نویسنده اول این مقاله به عنوان پژوهشگر اصلی، نویسندگان دوم و سوم به عنوان اساتید راهنما و نویسنده چهارم نیز به عنوان استاد مشاور در این پژوهش نقش داشتند.

تضاد منافع: نویسندگان هم‌چنین اعلام می‌دارند که در نتایج این پژوهش هیچ‌گونه تضاد منفعی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از تمامی دانش‌آموزان شرکت‌کننده در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Adeeko, P., Adeniji, S. M., Salman, M., & Fajemidagba, M. (2020). Generative Learning Model (GLM) and Senior School Students' Retention in probability. *ATBU Journal of Science, Technology and Education*, 8(1), 137-145. <https://atbuftejoste.net/index.php/joste/article/view/935>
- Adeyemi, S. B., & Awolere, M. A. (2016). Effects of experiential and generative learning strategies on students' academic achievement in environmental concepts. *Journal of human ecology*, 56(3), 251-262. <https://doi.org/10.1080/09709274.2016.11907062>
- Anastasiou, D., Wirngo, C. N., & Bagos, P. (2024). The effectiveness of concept maps on students' achievement in science: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 36(2), 39. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09877-y>
- Atsuwe, B., & Anyebe, E. (2016). Effect of Generative Learning Instructional Strategy on Senior Secondary School Students' Performance in Otukpo Local Government Area, Benue State. *International Journal for Social Studies*, 2(5), 40-48. <https://edupediapublications.org/journals>
- Baliga, S. S., Walvekar, P. R., & Mahantshetti, G. J. (2021). Concept map as a teaching and learning tool for medical students. *Journal of education and health promotion*, 10, 35. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_146_20
- Bentley, F. J. B., Kennedy, S., & Semsar, K. (2011). How Not To Lose Your Students With Concept Maps. *Journal of College Science Teaching*, 41(1), 61-68. https://doi.org/10.1096/fasebj.23.1_supplement.LB168
- Bot, T. D. (2018). On the effects of generative learning strategy on students' understanding and performance in geometry in Lafia Metropolis, Nasarawa State, Nigeria. <http://hdl.handle.net/123456789/2371>
- Brod, G. (2021). Generative learning: Which strategies for what age?. *Educational Psychology Review*, 33(4), 1295-1318. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09571-9>
- Choffin, B., Popineau, F., Bourda, Y., & Vie, J. J. (2019). DAS3H: modeling student learning and forgetting for optimally scheduling distributed practice of skills. *arXiv preprint arXiv:1905.06873*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.06873>
- Chou, Y. Y., Wu, P. F., Huang, C. Y., Chang, S. H., Huang, H. S., Lin, W. M., & Lin, M. L. (2022). Effect of digital learning using augmented reality with multidimensional concept map in elementary science course. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 31(4), 383-393. <https://doi.org/10.1007/s40299-021-00580-y>
- Erdogan, Y. (2009). Paper-based and computer-based concept mappings: The effects on computer achievement, computer anxiety and computer attitude. *British Journal of Educational Technology*, 40(5), 821-836. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00856.x>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational psychology review*, 28(4), 717-741. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>
- Foster, D. (2022). *Generative deep learning*. " O'Reilly Media, Inc."
- Grabowski, B. L. (2013). *Generative learning contributions to the design of instruction and learning*. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 713-737). Routledge.
- Gul, R. B., & Boman, J. A. (2006). Concept mapping: A strategy for teaching and evaluation in nursing education. *Nurse education in practice*, 6(4), 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2006.01.001>
- Harvey, F. (2024). Effects of Concept Mapping Strategy on Students' Perception and Performance in Photosynthesis and Cellular Respiration. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8(5), 2521-2532. <https://dx.doi.org/10.47772/IJRIS.2024.805183>

- Hoppe, H. U., & Gaßner, K. (2023, January). Integrating collaborative concept mapping tools with group memory and retrieval functions. In *Computer support for collaborative learning* (pp. 716-725). Routledge. <https://doi.org/10.3115/1658616.1658804>
- Hosseinzadeh, F., R, Hassan., Mohammad Hasani, N., Salimi, S. (2018). The effect of educational multimedia design based on the principles of cognitive load theory on learning, memorization and the motivation of academic progress in mathematics. *Information and Communication Technology in Educational Sciences*, 10 (38), 5-25. [Persian] <https://sanad.iau.ir/fa/Article/1006674>
- Hsueh-Chih, C., Yau-Ting, S., Tsai-Wen, L., & Hung-Teng, C. (2010). Climate change and environmental education: The application of concept map for representing the knowledge complexity of climate change. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 68, 1411-1413. <https://scholarly.org/pdf/display/climate-change-and-environmental-education-the-application-of-concept-map-for-representing-the-knowledge-complexity-of-climate-change>
- Hwang, G. J., Zou, D., & Lin, J. (2020). Effects of a multi-level concept mapping-based question-posing approach on students' ubiquitous learning performance and perceptions. *Computers & Education*, 149, 103815. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103815>
- James, K. L., Davies, J. G., Kinchin, I., Patel, J. P., & Whittlesea, C. (2010). Understanding vs. competency: the case of accuracy checking dispensed medicines in pharmacy. *Advances in health sciences education*, 15(5), 735-747. <https://doi.org/10.1007/s10459-010-9234-7>
- Khan, V., Cygert, S., Twardowski, B., & Trzciński, T. (2023). Looking through the past: better knowledge retention for generative replay in continual learning. In *Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision* (pp. 3496-3500). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.10012>
- Klingenberg, S., Jørgensen, M. L., Dandanell, G., Skriver, K., Mottelson, A., & Makransky, G. (2020). Investigating the effect of teaching as a generative learning strategy when learning through desktop and immersive VR: A media and methods experiment. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2115-2138. <https://doi.org/10.1111/bjet.13029>
- Lestari, F., Saryantono, B., Syazali, M., Saregar, A., Madiyo, M., Jauharyah, D., & Umam, R. (2019). Cooperative learning application with the method of "network tree concept map": based on Japanese learning system approach. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(1), 15-32. <https://doi.org/10.17478/jegys.471466>
- Li, Y., Shao, Z., Wang, X., Zhao, X., & Guo, Y. (2018). A Concept Map-Based Learning Paths Automatic Generation Algorithm for Adaptive Learning Systems. *IEEE Access*, 7, 245-255. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2885339>
- Lim, K. Y., Lee, H. W., & Grabowski, B. (2009). Does concept-mapping strategy work for everyone? The levels of generativity and learners' self-regulated learning skills. *British Journal of Educational Technology*, 40(4), 606-618. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00872.x>
- Makransky, G., Andreasen, N. K., Baceviciute, S., & Mayer, R. E. (2021). Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 719. <https://doi.org/10.1037/edu0000473>
- Moore, J. P., Venters, C., & Carbonetto, T. (2017). The retention and usefulness of concept maps as advance organizers. In *2017 ASEE Annual Conference & Exposition*. <https://doi.org/10.18260/1-2--28999>
- Moradi, M., & Fardanesh, H (2014). The Effect of Teaching Methods Based on Generative Learning Instructional Design Model on Students' Motivation and Learning in Biology Lesson. *The quarterly journal Educational Engineering: Technology*

- Design*, 3(3), 1-9. [Persian] <file:///C:/Users/jamjam/Downloads/6013913930301.pdf>
- Moser, S., & Lewalter, D. (2024). The impact of instructional support via generative learning strategies on the perception of visual authenticity, learning outcomes, and satisfaction in AR-based learning. *European Journal of Psychology of Education*, 39(4), 3437-3462. <https://doi.org/10.1007/s10212-024-00813-w>
- Muhammad, M. A. K., & Albanaa, K. M. (2023). The effect of using the generative learning strategy according to the fixed exercise scheduling on learning and retention of some basic volleyball skills. *Al-Rafidain Journal for Sport Sciences*, 26(82), 1-20. <https://doi.org/10.33899/rjss.2023.18290016>
- Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2011). Learning from animated concept maps with concurrent audio narration. *The journal of experimental education*, 79(2), 209-230. <https://doi.org/10.1080/00220970903292918>
- Nousiainen, M., & Koponen, I. T. (2011). Pre-service physics teachers' concept maps representing relational structure of physics concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 10(3), 183-194. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1226972>
- Petersen, G. B., Stenberdt, V., Mayer, R. E., & Makransky, G. (2023). Collaborative generative learning activities in immersive virtual reality increase learning. *Computers & Education*, 207, 104931. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104931>
- Pilegard, C., & Fiorella, L. (2016). Helping students help themselves: Generative learning strategies improve middle school students' self-regulation in a cognitive tutor. *Computers in Human Behavior*, 65, 121-126. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.020>
- Redford, J. S., Thiede, K. W., Wiley, J., & Griffin, T. D. (2012). Concept mapping improves metacomprehension accuracy among 7th graders. *Learning and Instruction*, 22(4), 262-270. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.10.007>
- Sahhrai, F. (2015). *The effect of generative learning model on the motivation of academic progress, self-regulation learning strategies and learning of students in the field of educational sciences of Arak University*. Master's thesis. Arak University. [Persian] <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/b54ef35a2bf0d06ac14a3e8de5fbc0f7>
- Subramanian, A. (2018). Learning strategies and academic achievement among higher secondary school students. *Learning*, 3(1), 864-867. <https://academicjournals.org/journal/IJSTER/article-references/24440BC66784>
- Sweller, J. (2023). The development of cognitive load theory: Replication crises and incorporation of other theories can lead to theory expansion. *Educational Psychology Review*, 35(4), 95. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09817-2>
- Teng, M. F. (2023). The effectiveness of multimedia input on vocabulary learning and retention. *Innovation in language learning and teaching*, 17(3), 738-754. <https://doi.org/10.1080/17501229.2022.2131791>
- Tibell, L. A., & Rundgren, C. J. (2010). Educational challenges of molecular life science: characteristics and implications for education and research. *CBE—Life Sciences Education*, 9(1), 25-33. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-09-0055>
- Trundle, K. C., & Bell, R. L. (2010). The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-experimental study. *Computers & Education*, 54(4), 1078-1088. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.012>
- Ullah, A. S. (2020). Concept map and knowledge. *Education Sciences*, 10(9), 246. <https://doi.org/10.3390/educsci10090246>
- Walsh, M. M., Krusmark, M. A., Jastremski, T., Hansen, D. A., Honn, K. A., & Gunzelmann, G. (2023). Enhancing learning and retention through the distribution of practice repetitions across multiple sessions. *Memory & Cognition*, 51(2), 455-472. <https://doi.org/10.3758/s13421-022-01361-8>

- Wang, Z., Adesope, O., Sundararajan, N., & Buckley, P. (2021). Effects of different concept map activities on chemistry learning. *Educational Psychology*, 41(2), 245-260.
<https://doi.org/10.1080/01443410.2020.1749567>
- Wang, X., Mayer, R. E., Zhou, P., & Lin, L. (2021). Benefits of interactive graphic organizers in online learning: Evidence for generative learning theory. *Journal of Educational Psychology*, 113(5), 1024-1037. <https://doi.org/10.1037/edu0000606>
- Wilhelm-Chapin, M. K., & Koszalka, T. A. (2016). Generative learning theory and its application to learning resources. Research in *designing learning resources*. Erişim adresi: <http://ridlr.syr.edu/publications>.
<https://ridlr.syr.edu/wpcontent/uploads/2020/11/ConceptPaper2016-GLT.pdf>
- Wu, P. H., Hwang, G. J., Milrad, M., Ke, H. R., & Huang, Y. M. (2012). An innovative concept map approach for improving students' learning performance with an instant feedback mechanism. *British Journal of Educational Technology*, 43(2), 217-232.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01167.x>
- Xie, Y., & Sharma, P. (2011). Exploring evidence of reflective thinking in student artifacts of blogging-mapping tool: a design-based research approach. *Instructional Science*, 39(5), 695-719.
<https://doi.org/10.1007/s11251-010-9149-y>
- Yamada, M., Shimada, A., Oi, M., Taniguchi, Y., & Konomi, S. I. (2018). BR-Map: Concept Map System Using e-Book Logs. *International Association for Development of the Information Society*.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED600603.pdf>
- Yates, T. B., & Marek, E. A. (2014). Teachers teaching misconceptions: A study of factors contributing to high school biology students' acquisition of biological evolution-related misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 7(1), 7.
<https://doi.org/10.1186/s12052-014-0007-2>
- Zare, M., Mehraban, J. and Sarikhani, R. (2015). Studying the Impact of Educational Multimedia Use on Learning and Achievement Motivation in Physiology Course. *Educational Psychology*, 11(36), 179-190.
[Persian] <https://doi.org/10.52547/JPS.21.117.1779>