Technology and Scholarship in Education Open Access

Winter (2027) 6(4), 22 (85-102)
DOI: https://doi.org/10.30473/t-edu.2026.78310.1457

ORIGINAL ARTICLE

The Effect of Various Instructional Sequencing Patterns in the Digital Environment on Conceptual Learning, Retention, and Learner Satisfaction in Higher Education

Hojjat Dehghanzadeh[1*], Raha Esmaali Gangachin[2]

1. Assistant Professor of Educational Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran.
2. B.Sc of Educational Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, Urmia, Iran.

Correspondence:
Hojjat Dehghanzadeh
Email: h.dehganzadeh@urmia.ac.ir

Received: 02/Jun/2026
Revised: 28/Jul/2026
Accepted: 26/Sep/2026
Published: 22/Dec/2026

How to cite
Dehghanzadeh, H, Esmaali Gangachin, R. (2026). The Effect of Various Instructional Sequencing Patterns in the Digital Environment on Conceptual Learning, Retention, and Learner Satisfaction in Higher Education. *Technology and Scholarship in Education*, 6 (4), 22, 85-102.
(https://doi.org/10.30473/t-edu.2026.78310.1457)

ABSTRACT

Sequencing of instructional content is an important component of instructional design in digital learning environments; however, empirical evidence on its effectiveness remains limited and inconsistent. This study examined the effects of three sequencing patterns—simple-to-complex, complex-to-simple, and non-structured sequencing—on conceptual learning, retention, and learner satisfaction. A quasi-experimental pretest–posttest–follow-up design with a control group was conducted with 60 undergraduate students randomly assigned to three groups. Instruction on simple linear regression was delivered via Articulate Storyline through web and mobile platforms. Instruments included a 14-item test and a learner satisfaction questionnaire. Data were analyzed using ANCOVA and post-hoc tests in SPSS. Findings showed no significant differences in conceptual learning ($p > 0.05$), while a significant effect was found for delayed retention ($p = 0.022$, $\eta p2 = 0.056$), with the complex-to-simple group outperforming the simple-to-complex group ($p = 0.026$). No significant differences were found in learner satisfaction. Overall, results indicate that sequencing effects mainly emerge in long-term retention, with the complex-to-simple pattern offering a potentially effective strategy for knowledge consolidation in digital learning environments.

KEYWORDS

Instructional Sequencing, Conceptual Learning, Retention, Learner Satisfaction, E-Learning.

Copyright © 2026 The Authors. Published by Payame Noor University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

فناوری و دانش‌پژوهی در تعلیم و تربیت

سال ششم، شماره چهارم، پیاپی بیست و دوم، زمستان ۱۴۰۵ (۸۵-۱۰۲)
DOI: https://doi.org/10.30473/t-edu.2026.78310.1457

«مقاله پژوهشی»

تأثیر الگوهای مختلف توالی آموزش در محیط دیجیتال بر یادگیری مفهومی، ماندگاری و رضایت یادگیرندگان در آموزش دانشگاهی

حجت دهقان‌زاده[1*]، رها اسمعلی گنگچین[2]

۱. استادیار، گروه علوم تربیتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲. دانش‌آموخته کارشناسی علوم تربیتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

نویسنده مسئول:
حجت دهقان‌زاده
رایانامه: h.dehganzadeh@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۰۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۱۰/۰۱

استناد به این مقاله:
دهقان‌زاده، حجت و اسمعلی گنگچین، رها. (۱۴۰۵). تأثیر الگوهای مختلف توالی آموزش در محیط دیجیتال بر یادگیری مفهومی، ماندگاری و رضایت یادگیرندگان در آموزش دانشگاهی. *فناوری و دانش‌پژوهی در تعلیم و تربیت*، ۶(۴)، ۲۲، ۸۵-۱۰۲.
(https://doi.org/10.30473/t-edu.2026.78310.1457)

چکیده

توالی ارائه محتوای آموزشی یکی از مؤلفه‌های مهم طراحی آموزشی در محیط‌های یادگیری دیجیتال است، با این حال شواهد تجربی درباره اثربخشی الگوهای مختلف آن همچنان محدود و ناهمسو است. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سه الگوی توالی «ساده به پیچیده»، «پیچیده به ساده» و «بدون توالی هدفمند» بر یادگیری مفهومی، یادداری و رضایت یادگیرندگان انجام شد. این مطالعه با رویکرد نیمه‌آزمایشی و طرح پیش‌آزمون–پس‌آزمون–پیگیری با گروه کنترل بر روی ۶۰ دانشجوی کارشناسی اجرا گردید که به‌صورت تصادفی در سه گروه ۲۰ نفره قرار گرفتند. محتوای آموزشی در حوزه رگرسیون خطی ساده و با استفاده از نرم‌افزار Articulate Storyline در بستر وب و اپلیکیشن ارائه شد. ابزارهای پژوهش شامل آزمون ۱۴ سؤالی عملکردی برای سنجش یادگیری مفهومی و یادداری و پرسشنامه رضایت یادگیرندگان بود. داده‌ها با استفاده از تحلیل کوواریانس و آزمون‌های تعقیبی در SPSS تحلیل شدند..یافته‌ها نشان داد تفاوت معناداری در یادگیری مفهومی وجود ندارد ($p > ۰/۰۵$) ، در حالی‌که در یادداری تأخیری اثر معنادار مشاهده شد ($\eta p 20.561 = p, = ۰.۰۲۲$)؛ به‌طوری‌که الگوی «پیچیده به ساده» عملکرد بالاتری نسبت به «ساده به پیچیده» نشان داد ($p = ۰.۰۲۶$). در مقابل، رضایت یادگیرندگان در میان گروه‌ها تفاوت معناداری نداشت. در مجموع، نتایج حاکی از آن است که اثر توالی آموزشی عمدتاً در سطح یادداری بلندمدت آشکار می‌شود و الگوی «پیچیده به ساده» می‌تواند به‌عنوان راهبردی مؤثر برای تقویت تثبیت یادگیری در محیط‌های دیجیتال مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی

توالی آموزشی، یادگیری دیجیتال، یادداری، رضایت یادگیرنده، یادگیری مفهومی.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۵ ©. ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

مقدمه

دانشجویان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر نظام آموزشی، دارای ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های متنوعی برای بروز نوآوری و شکوفایی ذاتی هستند. تحقق این امر مستلزم ارتقای کیفیت یادگیری است. امری که یکی از پیش‌نیازهای اجرای آن، توجه به نوع و نحوه سازمان‌دهی و توالی محتوای آموزشی است.

نتایج یادگیری به توانایی‌هایی اشاره دارد که فراگیران در پایان فرایند آموزش کسب می‌کنند و بیان می‌کند فرد چه می‌داند و چه می‌تواند انجام دهد (فابیی[۱]، ۲۰۲۵؛ کندی[۲]، ۲۰۰۷؛ پرتیوی و همکاران[۳]، ۲۰۲۵). این نتایج شامل حوزه‌های شناختی، عاطفی و روانی–حرکتی هستند (پرتیوی و همکاران، ۲۰۲۵).

در این راستا، پژوهشگران در تلاش‌اند تا پیامدهای آموزش را در سطح یادگیری مفهومی ارتقا دهند. اندرسون و همکاران[۴] (۲۰۰۱)، در بازنگری طبقه‌بندی بلوم، دانش را به چهار مقوله واقعی، مفهومی، رویه‌ای و فراشناختی تقسیم کردند. (بارمبی و همکاران[۵]، ۲۰۰۹) و توانایی حل مسائل پیچیده را افزایش می‌دهد (نیگان و همکاران[۶]، ۲۰۲۴). با این حال، سنجش و تقویت آن به‌دلیل ماهیت پنهان فرایندهای شناختی همواره چالش‌برانگیز بوده است (آدمر و پریدیگر[۷]، ۲۰۲۵). گسترش درک مفهومی مستلزم مشارکت فعال یادگیرندگان در فرایندهای فشرده‌سازی و بسط دانش است (درولینگر ووتر[۸]، ۲۰۱۱؛ پست و پریدیگر[۹]، ۲۰۲۴) و شواهد نشان می‌دهد که تقویت آن با بهبود عملکرد و انتقال یادگیری همراه است، هرچند این اثرات به روش تدریس و ویژگی‌های یادگیرندگان وابسته است (مولوییک و لازوندر[۱۰]، ۲۰۲۳). ضایت یادگیرنده سازه‌ای چندبعدی است که به ارزیابی فرد از تجربه یادگیری اشاره دارد و تحت‌تأثیر عوامل مختلفی ازجمله تعامل با محتوا، همسالان و تسهیلگران قرار می‌گیرد (سینکلایر و همکاران[۱۱]، ۲۰۲۴؛ نیاتی و سیباندا[۱۲]، ۲۰۲۳). دستیابی به این پیامد، در کنار یادگیری مفهومی و ماندگاری، نیازمند مشارکت فعال یادگیرندگان در تجارب آموزشی است (بخش آزادی و سلطانی، ۱۴۰۰). در این راستا یکی از عواملی که می‌تواند بر نتایج یادگیری تأثیر داشته باشد، توالی آموزشی یا سازمان‌دهی آموزشی[۱۳] است (امیر تیموری، ۱۳۹۸). این امر به ساختاردهی محتوا در قالب واحدهای کوچک و ارائه تدریجی آن از مفاهیم پایه به پیشرفته اشاره دارد (لنگ و کاستلی[۱۴]، ۲۰۲۰). همچنین استفاده از پوشه‌کار امکان مشاهده و ارزیابی مراحل متوالی یادگیری را فراهم می‌کند و از این طریق با مفهوم توالی آموزشی ارتباط پیدا می‌کند(شیبانی‌فر و توکلی، ۱۳۹۷). طراحان برنامه درسی توالی آموزش را عنصر کلیدی طراحی دانسته و آن را در قالب اهداف، تکالیف و ارتباط مفاهیم در فرایند آموزش به‌کار می‌گیرند (کیم[۱۵]، ۲۰۱۸). از این‌رو، نظریه‌های یادگیری نقش مهمی در تبیین توالی آموزشی دارند. در رفتارگرایی، یادگیری بر تغییرات قابل مشاهده و تسلط مرحله‌ای از ساده به پیچیده تأکید دارد، درحالی‌که سازنده‌گرایی بر تعامل فعال یادگیرنده با موقعیت‌های پیچیده و ساخت دانش تأکید می‌کند (محبوب و بیدله[۱۶]، ۲۰۲۵؛ ارتمر و نیوبای[۱۷]، ۲۰۱۳؛ محمدی و رضاپورمیرصالح، ۱۴۰۲). گانیه[۱۸] همچنین گانیه مفهوم «توالی سلسله‌مراتبی» را مطرح می‌کند که بر حرکت از مهارت‌های ساده به پیچیده تأکید دارد (رایگلوث[۱۹]، ۲۰۰۷). درحالی‌که طراحان سازنده‌گرا محیط‌هایی طراحی می‌کنند که در آن دانش و پیچیدگی به‌صورت طبیعی حضور دارند (جبشه[۲۰]، ۲۰۲۴). در حوزه توالی آموزشی، پژوهش‌ها عمدتاً بر مقایسه الگوهای مختلف مانند ساده به پیچیده و پیچیده به ساده متمرکز بوده‌اند(کاستلی و همکاران[۲۱]، ۲۰۲۳). رضایت یادگیرنده نیز در این میان پیامدی مهم است که به کیفیت تجربه یادگیری و ادراک فرد از فرایند آموزش اشاره دارد (لیم و همکاران[۲۲]، ۲۰۲۲). از سوی دیگر همین توالی آموزشی نیز می تواند بر ماندگاری یادگیری[۲۳] فراگیران تأثیر به‌سزایی داشته باشد. ماندگاری یادگیری به توانایی حفظ و بازیابی اطلاعات در حافظه بلندمدت گفته می‌شود (استپ نیکوفسکی[۲۴]، ۲۰۲۱). خلأ پژوهشی این حوزه در نبود مطالعات یکپارچه درباره

1. Fabiyi
2. Kennedy
3. Pratiwi et al
4. Anderson et al
5. Barmby et al
6. Nigon et al
7. Ademmer & prediger
8. Drollinger-vetter
9. Post & prediger
10. Muilwijk & lazonder
11. Sinclair et al
12. Nyathi & sibanda
13. Instructional sequence
14. Lange & costley
15. Kim
16. Mahbub & beedle
17. Ertmer & newby
18. Gange
19. Reigeluth
20. Absheh
21. Costley et al
22. Lim et al
23. Learner retention
24. Stępnikowski

اثر توالی‌های آموزشی بر سه پیامد یادگیری مفهومی، رضایت و ماندگاری یادگیری در بستر آموزش‌های نوین قابل مشاهده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی این موضوع طراحی شده است.

پیشینه پژوهشی

در راستای پژوهش حاضر، مطالعات مختلفی صورت گرفته است. پژوهش‌های مختلفی سعی کرده‌اند که توالی‌های آموزشی مختلفی را به‌صورت‌های گوناگون مورد ارزیابی قرار بدهند. برای مثال، گانایم و رول[1] (۲۰۲۵) نیز به این نتیجه رسیدند که یادگیری مبتنی بر مثال و تحلیل توالی، ابزارهای قدرتمندی برای ارتقای یادگیری فعال هستند، هرچند اثربخشی آن‌ها به نوع دانش و ویژگی‌های یادگیرنده وابسته است. واله‌توره و همکاران[2] (۲۰۲۴) به این نتیجه رسیدند که تحلیل توالی‌های آموزشی می‌تواند فرایند یادگیری را به‌صورت پویا آشکار سازد و الگوهای رفتاری فراگیران را با پیامدهای یادگیری مرتبط کند. اولوکوتون و آدریبیگبه[3] (۲۰۲۱) در یک طرح شبه‌تجربی با ۵۸ دانش‌آموز کم‌شنوا نشان دادند که الگوهای مختلف توالی آموزشی تأثیر معناداری بر عملکرد تحصیلی دارند. سگال و همکاران[4] (۲۰۱۸) نشان دادند که توالی و دشواری محتوا تأثیر قابل توجهی بر یادگیری و پیشرفت تحصیلی دارد. سیستم MAPLE[5] با ترکیب رتبه‌بندی دشواری سوالات و الگوریتمMulti-Armed Bandits ، سود یادگیری مورد انتظار هر سوال را پیش‌بینی کرده و با به‌روزرسانی مداوم رتبه‌بندی براساس پاسخ دانشجو، محتوای بعدی را بهینه انتخاب می‌کند و نسبت به روش‌های سنتی یادگیری شخصی‌سازی‌شده را بهبود می‌بخشد.

رضاپور و تقی‌پور (۲۰۱۳) نشان دادند که توالی ساده به پیچیده عملکرد بهتری در یادگیری و حفظ مفاهیم نسبت به روش سنتی داشت.

در حوزه یادگیری مفهومی و ماندگاری، شیبانی‌فر (۱۴۰۰) در یک پژوهش اقدام‌پژوهی با هدف بررسی تأثیر آموزش به شیوه یادگیری سیار بر بی‌انگیزگی دانش‌آموزان در دوره همه‌گیری کرونا، با بهره‌گیری از مشاهده، مصاحبه و پرسش‌نامه نشان داد که یادگیری سیار از طریق فناوری‌های نوین تأثیر بسزایی در شکل‌گیری انگیزه دارد و می‌تواند بی‌انگیزگی یادگیرنده نسبت به فرایند یادگیری را کاهش دهد. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که طراحی آموزشی ساختارمند در بستر فناوری‌های سیار، محیطی تعاملی و پویا برای فراگیر فراهم می‌کند که از این طریق موجب جذب یادگیرنده به فرایند آموزش شده و رضایت و اشتیاق تحصیلی او را ارتقا می‌بخشد.

ادلزبرونر و همکاران[6] (۲۰۲۴) پیوستگی توالی آموزشی از دوره ابتدایی به متوسطه، یادگیری مفهومی را از طریق انتقال مفهومی میان واحدهای پایه و پیشرفته تقویت می‌کند.

مفرد و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند که یادگیری موبایلی مبتنی بر طراحی آموزشی گانیه، عملکرد تحصیلی، ماندگاری و رضایت یادگیرندگان را بهبود می‌بخشد.

لنگ و کاستلی (۲۰۲۰) نشان دادند که توالی‌بندی محتوا و کاهش تدریجی پشتیبانی آموزشی، بار شناختی غیرضروری را کاهش داده و یادگیری بهینه را تسهیل می‌کنند.

در حوزه توالی ساده‌به‌پیچیده و کاهش بار شناختی، طوفانی‌نژاد و فردانش (۱۳۹۹) نشان دادند که به‌کارگیری طراحی آموزشی ساختاریافته و تقلیل‌گرا، عملکرد یادگیری مفهومی و یادداری اطلاعات را به‌طور معناداری نسبت به روش سنتی بهبود می‌بخشد.

دهقان‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی با هدف مقایسه الگوهای طراحی آموزشی رایگلوث، گانیه و روش مرسوم نشان دادند که هر دو الگوی رایگلوث و گانیه در مقایسه با روش سنتی موجب بهبود یادگیری و یادداری فراگیران شدند، اما بین دو الگو تفاوت معناداری مشاهده نشد. پژوهشگران این نتایج را به سازمان‌دهی مناسب محتوا و تسهیل یادگیری معنادار نسبت دادند.

تقی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی الگوی آموزشی رایگلوث نشان داد که استفاده از استراتژی توالی ساده‌به‌پیچیده، با ارائه یک دورنمای کلی در ابتدا و سپس بسط تدریجی جزئیات، ساختار شناختی باثباتی را در ذهن یادگیرنده شکل می‌دهد. نتایج این مطالعه تأیید می‌کند که به‌کارگیری این رویکردِ نظام‌مند، نه‌تنها از طریق تسهیل درک روابط میان اجزا به تحقق یادگیری معنادار منجر می‌شود، بلکه در مقایسه با روش‌های سنتی، یادداری و ماندگاری اطلاعات را به‌طور معناداری ارتقا می‌بخشد.

برزگر و علی‌آبادی (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر الگوی طراحی آموزشی گانیه بر یادگیری، یادداری و انگیزش پیشرفت تحصیلی دریافتند که آموزش مبتنی بر این الگو موجب افزایش معنادار

1. Ganaiem & roll
2. Valle torre et al
3. Olukotun & aderibigbe
4. Segal et al
5. Multi-armed bandits based personalization for learning environments
6. Edelsbrunner et al

یادگیری و یادداری در مقایسه با روش مرسوم شد، اما تأثیر معناداری بر انگیزش پیشرفت تحصیلی نداشت.

شیه و یو[1] (۲۰۱۶) در یک پژوهش ۱۶ هفته‌ای با ۹۸ دانش‌آموز نشان دادند که آموزش اکتشافی هدایت‌شده هم پیشرفت تحصیلی و هم ماندگاری یادگیری را به‌طور معنادار افزایش می‌دهد.

در حوزه رضایت، نورانی و همکاران (۱۴۰۴) گزارش کردند که در محیط‌های آموزش الکترونیکی، ابعاد شناختی و ادراکی یادگیری به‌صورت درهم‌تنیده عمل می‌کنند.

بائه و وون[2] (۲۰۲۳) نیز در دوره‌های یادگیری ترکیبی دریافتند که اثرات مستقیم توالی محتوا بر رضایت عمدتاً غیرمستقیم است.

مارتین و بولیگر[3] (۲۰۲۲) در یک مرور نظام‌مند نشان دادند که رضایت یادگیرندگان در آموزش‌عالی آنلاین بیش از ساختار ارائه محتوا، به تعامل، درگیری و کیفیت ادراک‌شده آموزش مرتبط است.

آلونسو و همکاران[4] (۲۰۱۰) نشان دادند که سازمان‌دهی و توالی محتوا در مدل آموزشی نظام‌مند در یادگیری الکترونیکی نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش رضایت فراگیران دارد؛ از این‌رو بررسی هم‌زمان پیامدهایی مانند یادگیری مفهومی، ماندگاری و رضایت یادگیرندگان ضروری به نظر می‌رسد.

با توجه به پیشینه پژوهشی، توالی محتوای آموزشی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی طراحی آموزشی با پیامدهایی نظیر یادگیری مفهومی، ماندگاری یادگیری و رضایت یادگیرندگان مرتبط است. با این حال، نتایج پژوهش‌ها در خصوص برتری توالی‌های ساده به پیچیده یا پیچیده به ساده یکدست نبوده و شواهدی متناقض در این زمینه گزارش شده است. افزون‌بر این، بخش عمده مطالعات این پیامدها را به‌صورت مجزا بررسی کرده‌اند و نقش توالی محتوا در تأثیرگذاری هم‌زمان بر پیامدهای شناختی و ادراکی–انگیزشی به‌طور کامل تبیین نشده است. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثر الگوهای مختلف توالی محتوا بر یادگیری مفهومی، ماندگاری یادگیری و رضایت یادگیرندگان طراحی شده است و درپی آزمون فرضیه‌ها و پاسخگویی به سؤال زیر است:

فرضیه‌های پژوهشی

۱. توالی آموزشی از ساده به پیچیده تاثیر بیشتری بر یادگیری مفهومی و یادداری دانشجویان دارد.
۲. آموزش از پیچیده به ساده تاثیر بیشتری بر یادگیری مفهومی و یادداری دانشجویان دارد.
۳. بین گروه ۱ (توالی ساده به پیچیده) و ۲ (توالی پیچیده به ساده) و ۳ (گروه کنترل) هیچ نوع تفاوت معنی داری وجود ندارد.

سؤالات پژوهشی

۱. رضایت یادگیرندگان در گروه آزمایشی ۱(اموزش از ساده به پیچیده) و آزمایشی ۲ (اموزش از پیچیده به ساده) و گروه کنترل به چه شکل است؟
۲. آیا بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هریک از گروه‌های پژوهش تفاوت معناداری وجود دارد؟
۳. آیا بین نمرات پس‌آزمون و آزمون یادداری در هریک از گروه‌های پژوهش تفاوت معناداری وجود دارد؟

روش

زمینه و مشارکت‌کنندگان

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه دانشجویان (دختر و پسر) دوره کارشناسی دانشگاه ارومیه در سال تحصیلی ۱۴۰۵–۱۴۰۴ بود که واحد درسی آمار را در برنامه درسی خود گذرانده بودند. رشته تحصیلی شرکت‌کنندگان متنوع بود و دانشجویان از رشته‌های مختلف دانشگاه انتخاب شدند؛ ملاک ورود به مطالعه صرفاً گذراندن درس آمار بود. شرکت‌کنندگان در بازه ترم سوم تا ترم پایانی دوره کارشناسی قرار داشتند و دامنه سنی آنان بین ۱۹ تا ۲۳ سال بود. نمونه پژوهش شامل ۶۰ نفر از دانشجویان بود که به روش نمونه‌گیری در دسترس و به‌صورت داوطلبانه انتخاب شدند. پس از انتخاب نمونه، شرکت‌کنندگان از طریق قرعه‌کشی به‌صورت تصادفی در سه گروه شامل گروه آزمایشی ۱، گروه آزمایشی ۲ و گروه کنترل تخصیص یافتند (هرگروه ۲۰ نفر). فرایند تخصیص به صورت پنهان انجام شد و تعداد افراد در هرگروه به صورت برابر حفظ گردید. پیش از آغاز اجرای پژوهش، اهداف، مراحل اجرا و نحوه مشارکت به‌طور کامل برای دانشجویان تشریح شد و بر محرمانه‌بودن اطلاعات، استفاده پژوهشی از داده‌ها و امکان انصراف در هر مرحله از مطالعه تأکید

1. Shieh & yu
2. Bae & won
3. Martin & bolliger
4. Alonso et al

شد و نیز رضایت آگاهانه از تمامی شرکت‌کنندگان اخذ گردید. تمامی شرکت‌کنندگان تا پایان مراحل پژوهش در مطالعه باقی ماندند و موردی از ریزش نمونه گزارش نشد.

طرح پژوهش و روند اجرا

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون–پس‌آزمون–پیگیری با گروه‌های چندگانه بود. هدف مطالعه، مقایسه اثر سه شیوه متفاوت سازمان‌دهی توالی محتوای آموزشی در محیط یادگیری الکترونیکی بر یادگیری مفهومی، ماندگاری یادگیری و رضایت یادگیرندگان بود. متغیر مستقل پژوهش، نوع توالی ارائه محتوا در سه سطح شامل ۱. توالی ساده به پیچیده، ۲. توالی پیچیده به ساده و ۳. ارائه محتوا بدون توالی آموزشی هدفمند (گروه کنترل) بود. متغیرهای وابسته شامل نمره یادگیری مفهومی در پس‌آزمون، نمره آزمون یادداری و میزان رضایت یادگیرندگان بودند. به‌منظور کنترل تفاوت‌های اولیه میان شرکت‌کنندگان، پیش‌آزمونی شامل ۱۴ سؤال چهارگزینه‌ای پیرامون مفاهیم «آزمون رگرسیون خطی ساده» برای هر سه گروه اجرا شد. هر سؤال دارای یک نمره بوده و دامنه نمرات بین ۰ تا ۱۴ در نظر گرفته شد. این مرحله امکان بررسی هم‌ترازی اولیه گروه‌ها و کنترل پیش‌دانسته‌ها را فراهم ساخت. مداخله آموزشی براساس محتوای طراحی‌شده در حوزه رگرسیون خطی ساده اجرا شد. محتوای آموزشی از نظر اهداف یادگیری، حجم مطالب، مثال‌ها و سطح دشواری در هر سه گروه یکسان بود و تنها تفاوت در نحوه سازمان‌دهی و توالی ارائه مفاهیم بود. در گروه آزمایشی ۱، مفاهیم براساس رویکرد «ساده به پیچیده» سازمان‌دهی شدند؛ بدین‌معنا که ابتدا تعاریف پایه و مفاهیم مقدماتی ارائه و سپس به‌تدریج مباحث تحلیلی و کاربردی‌تر مطرح گردید. در گروه آزمایشی ۲، همان محتوا با ساختار معکوس «پیچیده به ساده» ارائه شد؛ به‌گونه‌ای که ابتدا مفاهیم تحلیلی و پیشرفته معرفی و سپس مبانی پایه‌ای تشریح گردید. هر دو نسخه آموزشی با استفاده از نرم‌افزارArticulate Storyline طراحی شد و خروجی آن هم در قالب اپلیکیشن و هم به‌صورت وب‌سایت در اختیار دانشجویان قرار گرفت تا دسترسی یکسان و بدون محدودیت فراهم شود. مدت زمان خالص آموزش برای هر شرکت‌کننده به‌طور میانگین حدود ۳۰ دقیقه بود. دسترسی به محتوا در یک بازه زمانی مشخص فراهم شد و اجرای آموزش تحت نظارت مدرس انجام گرفت. گروه کنترل نیز همان محتوای آموزشی را از طریق ویدیوهای آموزشی دریافت کرد، با این تفاوت که ساختار آن مبتنی بر طراحی توالی آموزشی هدفمند نبود. حجم محتوا و مدت زمان ارائه در این گروه معادل گروه‌های آزمایشی در نظر گرفته شد تا اثر متغیرهای مزاحم نظیر زمان آموزش و میزان مواجهه با محتوا کنترل گردد. پس از پایان مداخله، پس‌آزمون یادگیری مفهومی با همان ۱۴ سؤال پیش‌آزمون به‌صورت آنلاین برای هر سه گروه اجرا شد. در همان جلسه، پرسشنامه رضایت یادگیرندگان تکمیل گردید. به‌منظور سنجش ماندگاری یادگیری، آزمون یادداری، به‌طور میانگین یک هفته و نیم پس از اجرای پس‌آزمون برگزار شد که شامل همان مجموعه سؤالات بود. در تمامی مراحل اجرای آزمون، پاسخ صحیح سؤالات و بازخورد آموزشی به شرکت‌کنندگان ارائه نشد و نتایج فردی به‌صورت تفصیلی اعلام نگردید. این اقدام با هدف کاهش اثر تمرین و جلوگیری از تأثیر آگاهی از پاسخ‌ها بر نتایج مراحل بعدی انجام شد. تمامی آزمون‌ها از نظر زمان پاسخگویی، شیوه دسترسی و محیط اجرا در شرایط یکسان برگزار شدند.

ابزارها

برای گردآوری داده‌ها از سه ابزار اصلی استفاده شد:

آزمون پیش‌آزمون و پس‌آزمون یادگیری مفهومی: به‌منظور سنجش یادگیری مفهومی دانشجویان در حوزه «رگرسیون خطی ساده»، در مرحله نخست یک آزمون ۲۰ سؤالی چهارگزینه‌ای توسط پژوهشگر طراحی شد. سؤالات براساس اهداف یادگیری درس و مفاهیم اصلی رگرسیون خطی ساده تدوین گردید. به‌منظور بررسی روایی محتوایی، سؤالات در اختیار پنج نفر از متخصصان حوزه آمار و روش تحقیق قرار گرفت. این افراد دارای تجربه علمی و تخصصی در زمینه آمار کاربردی، سنجش و ارزیابی آموزشی بودند. از متخصصان خواسته شد هریک از گویه‌های آزمون را از نظر میزان ضرورت، ارتباط محتوایی با هدف پژوهش، و پوشش مفهومی سازه مورد بررسی قرار دهند. همچنین، اصلاحات پیشنهادی آن‌ها در راستای بهبود شفافیت، دقت و انطباق آیتم‌ها اعمال شد در این فرایند، ۶ سؤال به‌دلیل عدم انطباق کافی با اهداف پژوهش حذف گردید و نسخه نهایی آزمون شامل ۱۴ سؤال چهارگزینه‌ای شد. به‌منظور بررسی پایایی، نسخه ۱۴ سؤالی به‌صورت آزمایشی بر روی ۱۰ نفر از دانشجویان اجرا شد و ضریب آلفای کرونباخ برابر با ۰.۷۸ به‌دست آمد که نشان‌دهنده پایایی قابل‌قبول ابزار بود، نسخه نهایی ۱۴ سؤالی در

سه مرحله به‌عنوان پیش‌آزمون، پس‌آزمون و آزمون یادداری مورد استفاده قرار گرفت. هر سؤال دارای یک نمره بود و دامنه نمرات بین ۰ تا ۱۴ در نظر گرفته شد. نمره کل از طریق جمع پاسخ‌های صحیح محاسبه گردید. تمامی آزمون‌ها به‌صورت آنلاین و از طریق بسترهایGoogle Forms و پرس‌لاین اجرا شدند. مدت زمان پاسخگویی برای هر آزمون حداکثر ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شد. در تمامی مراحل، پاسخ صحیح سؤالات و بازخورد آموزشی در اختیار شرکت‌کنندگان قرار نگرفت تا اثر تمرین کاهش یابد. آزمون یادداری یک و نیم هفته پس از اجرای پس‌آزمون برگزار شد و شامل همان مجموعه ۱۴ سؤال بود تا میزان حفظ و تثبیت یادگیری سنجیده شود.

آزمون ماندگاری یادگیری: یک و نیم هفته پس از مداخله اجرا شد و شامل سؤالات یکسان با پس‌آزمون بود تا میزان حفظ و تثبیت مطالب سنجیده شود.

پرسشنامه رضایت یادگیرندگان: به‌منظور سنجش رضایت یادگیرندگان از تجربه یادگیری الکترونیکی، از نسخه اقتباس‌شده پرسشنامه توسعه‌یافته توسط سان و همکاران[1] (۲۰۰۸) استفاده شد. این ابزار در پژوهش اصلی برای بررسی عوامل مؤثر بر رضایت در محیط‌های آموزش الکترونیکی طراحی شده است. در پژوهش حاضر، نسخه‌ای مشتمل بر ۵۵ گویه مورد استفاده قرار گرفت که براساس مقیاس لیکرت هفت‌درجه‌ای از «کاملاً مخالفم» (۱) تا «کاملاً موافقم» (۷) نمره‌گذاری شد. نمره هر مؤلفه از طریق محاسبه میانگین گویه‌های مربوطه محاسبه گردید و نمرات بالاتر بیانگر ادراک مثبت‌تر از تجربه یادگیری الکترونیکی بود. برخی از گویه‌ها دارای جهت‌گیری معکوس بودند که پیش از تحلیل داده‌ها بازنمره‌گذاری (Reverse Scoring) شدند تا هم‌راستایی مفهومی گویه‌ها حفظ شود. ساختار ابزار شامل ابعاد زیر بود: بُعد یادگیرنده، بُعد مدرس، بُعد دوره، بُعد فناوری، بُعد طراحی و بُعد محیطی که هریک مشتمل بر مؤلفه‌های مشخصی بودند. روایی و پایایی ابزار در پژوهش اصلی تأیید شده است. در پژوهش حاضر نیز به‌منظور بررسی همسانی درونی ابزار، ضریب آلفای کرونباخ برای کل پرسشنامه محاسبه شد که مقدار آن برابر با ۰.۹۰ به‌دست آمد و نشان‌دهنده پایایی بسیار مطلوب ابزار در نمونه مورد مطالعه است و نسخه مورد استفاده در این مطالعه پس از انطباق با بافت آموزشی اجرا شد.

تحلیل داده‌ها

تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics (نسخه۲۶) انجام شد. پیش از اجرای تحلیل‌های اصلی، مفروضه‌های زیربنایی آزمون‌های پارامتریک شامل نرمال‌بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو–ویلک (Shapiro-Wilk) و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لوین(Levene's Test) مورد بررسی قرار گرفت. سطح معناداری برای کلیه آزمون‌ها $\alpha = ۰.۰۵$ در نظر گرفته شد.

برای پاسخگویی به فرضیه‌های اول، دوم و سوم که به‌ترتیب به بررسی تأثیر توالی‌های آموزشی «ساده به پیچیده»، «پیچیده به ساده» و «نبود تفاوت» بر دو پیامد یادگیری مفهومی (پس‌آزمون) و یادداری (آزمون تأخیری) می‌پرداختند، از تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA) استفاده گردید. در این تحلیل‌ها، متغیر مستقل «نوع گروه» (با سه سطح: آزمایشی ۱، آزمایشی ۲، کنترل)، متغیرهای وابسته «نمرات پس‌آزمون» و «نمرات یادداری»، و متغیر همپراش (کوواریت) «نمرات پیش‌آزمون» بود. هدف، کنترل آماری تفاوت‌های اولیه دانشجویان و سنجش اثر خالص مداخله بود. برای مشخص‌ساختن محل دقیق تفاوت‌ها، از مقایسه‌های زوجی با تصحیح بونفرونی (Bonferroni) به‌عنوان آزمون‌های تعقیبی استفاده شد. همچنین، اندازه اثر با استفاده از مجذور اتای جزئی (Partial Eta Squared; ηp^2) گزارش گردید.

برای پاسخ به سؤال اول پژوهش، از آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار نمرات رضایت یادگیرندگان در گروه‌های پژوهش استفاده شد.

برای پاسخ به سوال‌های دوم و سوم پژوهش، از آزمون t زوجی (Paired Samples T-Test) استفاده شد. این آزمون برای مقایسه میانگین دو اندازه‌گیری مرتبط از یک گروه یکسان به‌کار می‌رود و ازآنجاکه در پژوهش حاضر هدف بررسی تغییرات نمرات در دو نقطه زمانی مختلف (پیش‌آزمون به پس‌آزمون و پس‌آزمون به آزمون تأخیری) در همان آزمودنی‌ها بود، این آزمون مناسب‌ترین گزینه تلقی شد. پیش از اجرای آزمون، نرمال‌بودن توزیع تفاوت نمرات در هر گروه با آزمون شاپیرو–ویلک بررسی و تأیید گردید. تحلیل‌ها به‌تفکیک برای هریک از سه گروه (آزمایشی ۱، آزمایشی ۲ و کنترل) اجرا شد و علاوه‌بر معناداری آماری، اندازه اثر با شاخص d کوهن محاسبه گردید تا اهمیت عملی یافته‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

1. Sun et al

یافته‌ها

جدول ۱. نتایج آزمون شاپیرو–ویلک برای بررسی نرمال‌بودن داده‌ها

متغیر	گروه	آماره	درجه آزادی	سطح معناداری
یادگیری مفهومی	آزمایشی۱	۰/۹۲۲	۲۰	۰/۱۱۰
یادگیری مفهومی	آزمایشی۲	۰/۸۸۱	۲۰	۰/۰۱۸
یادگیری مفهومی	کنترل	۰/۹۲۶	۲۰	۰/۱۸۹
یادداری	آزمایشی۱	۰/۹۰۵	۲۰	۰/۰۵
یادداری	آزمایشی۲	۰/۸۳۵	۲۰	۰/۰۳
یادداری	کنترل	۰/۹۱۰	۲۰	۰/۰۹۹

نتایج آزمون شاپیرو–ویلک نشان داد توزیع نمرات در متغیرهای یادگیری مفهومی و یادداری در گروه‌های ازمایشی ۱ و کنترل نرمال است (p>۰/۰۵). در گروه آزمایشی ۲، نرمالیتی در هر دو متغیر نقض شد (p<۰/۰۵). با توجه به مقاوم بودن تحلیل کوواریانس در برابر نقض جزئی نرمالیتی در نمونه‌های بزرگتر از ۱۵، مفروضه نرمالیتی تأیید می‌گردد.

جدول ۲. آزمون لوین برای بررسی همگنی واریانس‌های خطا (یادگیری مفهومی)

متغیر وابسته	F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معناداری
یادگیری مفهومی	۰/۰۳۳	۲	۵۷	۰/۹۶۸
یادداری	۲/۹۸۴	۲	۵۷	۰/۰۵۹

نتایج آزمون لوین نشان داد فرض همگنی واریانس‌ها برای یادگیری مفهومی (p =۰،۹۶۸) و یادداری (p =۰،۰۵۹) برقرار است.

جدول ۳. همسانی گروه‌ها در پیش‌آزمون

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معناداری
بین گروه‌ها	۴/۰۳۶	۲	۲/۰۱۸	۰/۲۸۳	۰/۷۶۶
درون گروه‌ها	۴۰۶/۸۴۱	۵۷	۷/۱۳۸		

نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین سه گروه در نمرات پیش‌آزمون وجود ندارد (P=۰،۷۶۶) بنابراین مفروضه همسانی گروه‌ها در پیش‌آزمون تأیید می‌شود. با توجه به بررسی مفروضه‌های آماری و تأیید شرایط لازم ازجمله نرمال‌بودن نسبی توزیع داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، تحلیل کوواریانس به‌منظور کنترل اثر پیش‌آزمون و مقایسه دقیق‌تر میان گروه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

فرضیه اول: توالی آموزشی از ساده به پیچیده تاثیر بیشتری بر یادگیری مفهومی، یادداری دانشجویان دارد.

الف) یادگیری مفهومی(پس‌آزمون)

جدول ٤. میانگین تعدیل شده یادگیری مفهومی در گروه‌های پژوهش (باکنترل اثر پیش‌آزمون)

گروه	میانگین تعدیل شده	خطای استاندارد
ساده به پیچیده	۸/۳۱	۰/۷۲
پیچیده به ساده	۱۰/۴۸	۰/۷۲
کنترل	۸/۹۴	۰/۷۸

میانگین‌های تعدیل شده با کنترل اثر نمرات پیش‌آزمون برآورد شده‌اند. حجم نمونه در هر گروه ۲۰ نفر درنظر گرفته شده است.

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس برای یادگیری مفهومی

منبع	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	ηp^2
گروه	۱۳/۶۲۶	۲	۶/۸۱۳	۰/۶۵۲	۰/۵۲۵	۰/۰۲۵
پیش‌آزمون	۵۲/۱۶۶	۱	۵۲/۱۶۶	۴/۹۹۵	۰/۰۳۰	۰/۰۸۹
خطا	۵۳۲/۶۵۱	۵۶	۱۰/۰۵۸	—	—	—

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد اثر گروه بر یادگیری مفهومی پس از کنترل پیش‌آزمون معنادار نیست (p=۰.۵۲۵). همچنین اندازه اثر گروه پایین بود (ηp^2=۰.۰۲۵). با وجود معناداربودن اثر پیش‌آزمون (p =۰.۰۳۰) تفاوت معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشد. بنابراین توالی آموزشی ساده به پیچیده نتوانست موجب بهبود معنادار یادگیری مفهومی دانشجویان شود.

ب) یادداری (آزمون تاخیری)

جدول ٦. میانگین تعدیل‌شده یادداری در گروه‌های آزمایشی (باکنترل اثر پیش‌آزمون)

گروه	میانگین تعدیل شده	خطای استاندارد
ساده به پیچیده	۶/۶۶	۰/۸۸
پیچیده به ساده	۱۰/۰۷	۰/۸۸

میانگین‌های تعدیل شده با کنترل اثر نمرات پیش‌آزمون برآورد شده‌اند. حجم نمونه در هر گروه ۲۰ نفر درنظر گرفته شده است.

جدول ۷. نتایج تحلیل کوواریانس برای یادداری

منبع	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	ηp^2
گروه	۱۷/۹۷۵	۲	۸/۹۸۸	۰/۵۸۴	۰/۵۶۱	۰/۰۲۲
پیش‌آزمون	۱۴/۱۶۶	۱	۱۴/۱۶۶	۰/۹۲۰	۰/۳۴۲	۰/۰۱۸
خطا	۷۸۵/۰۵۵	۵۶	۱۴/۵۳۸	—	—	—

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد اثر گروه بر یادداری دانشجویان نیز معنادار نیست (p=۰.۵۶۱). مقدار اتای جزئی نیز بیانگر اندازه اثر پایین گروه بود (ηp^2=۰.۰۲۲) (مجذور اتای جزئی)). بنابراین توالی آموزشی ساده به پیچیده تأثیر بیشتری بر یادداری دانشجویان نداشت.

فرضیه دوم: آموزش از پیچیده به ساده تاثیر بیشتری بر یادگیری مفهومی و یادداری دانشجویان دارد.

الف) یادگیری مفهومی (پس‌آزمون)

جدول ۸. مقایسه‌های زوجی گروه‌ها در یادگیری مفهومی

گروه‌ها	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	سطح معناداری
آزمایشی ۱ و آزمایشی۲	۲.۱۶۶	۱/۰۲۸	۰/۱۲۰

نتایج مقایسه‌های زوجی نشان داد تفاوت بین گروه پیچیده به ساده (آزمایشی ۲) و گروه ساده به پیچیده (آزمایشی ۱) در یادگیری مفهومی معنادار نیست (p=۰.۱۲۰).

ب) یادداری (آزمون تأخیری)

جدول ۹. مقایسه‌های زوجی گروه‌ها در یادداری

گروه‌ها	تفاوت میانگین	خطای استاندارد	سطح معناداری
آزمایشی۲و آزمایشی۱	۳/۴۱۰	۱/۲۴۸	۰/۰۲۶
آزمایشی۲ و کنترل	۳/۰۸۸	۱/۲۹۸	/۰۶۴.

نتایج مقایسه‌های زوجی نشان داد عملکرد گروه پیچیده به ساده (آزمایشی۲) به‌طور معناداری بالاتر از گروه ساده به پیچیده (آزمایشی ۱) است (p=۰.۰۲۶). همچنین تفاوت این گروه با کنترل در آستانه معناداری قرار داشت (P=۰.۰۶۴).

فرضیه سوم: بین گروه‌های پژوهش تفاوت معناداری در یادگیری مفهومی و یادداری وجود ندارد.

الف) یادگیری مفهومی (پس‌آزمون)

جدول ۱۰. مقایسه‌های زوجی سه گروه در یادگیری مفهومی

مقایسه گروه‌ها	سطح معناداری
ساده به پیچیده و پیچیده به ساده	۰/۱۲۰
ساده به پیچیده و کنترل	۱/۰۰۰
پیچیده به ساده و کنترل	۰/۴۶۶

نتایج نشان داد بین سه گروه آزمایشی ۱ (ساده به پیچیده)، آزمایشی ۲ (پیچیده به ساده) و کنترل در متغیر یادگیری مفهومی، تفاوت معناداری وجود ندارد.

ب) یادداری (آزمون تأخیری)

جدول ۱۱. مقایسه‌های زوجی سه گروه در یادداری

مقایسه گروه‌ها	سطح معناداری
ساده به پیچیده و پیچیده به ساده	۰/۰۲۶
ساده به پیچیده و کنترل	۱/۰۰۰
پیچیده به ساده و کنترل	۰/۰۶۴

نتایج نشان داد بین گروه ساده به پیچیده و پیچیده به ساده در متغیر یادداری تفاوت معناداری وجود دارد.

سؤال پژوهشی ۱: رضایت یادگیرندگان در گروه آزمایشی ۱(آموزش از ساده به پیچیده) و آزمایشی ۲ (آموزش از پیچیده به ساده) و گروه کنترل به چه شکل است؟

جدول ۱۲. میانگین و انحراف معیار رضایت یادگیرندگان در گروه‌های پژوهش

گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار
آزمایشی ۱	۲۰	۴/۶۳	۰/۶۵
آزمایشی ۲	۲۰	۴/۷۳	۰/۵۲
کنترل	۲۰	۴/۷۱	۰/۳۷
کل	۶۰	۴/۶۹	۰/۵۲

سطح رضایت در هر سه گروه در سطحی نسبتاً بالا قرار داشت و حداکثر تفاوت بین گروه‌ها تنها ۰.۱۰ واحد بود که بیانگر شباهت سطح رضایت در شرایط مختلف ارائه محتواست (جدول ۱۲). درمجموع، یافته‌های توصیفی نشان می‌دهد هر سه شیوه سازمان‌دهی محتوا توانسته‌اند الگوی نسبتاً مشابهی از رضایت را در میان یادگیرندگان ایجاد کنند. لازم به ذکر است که میزان رضایت براساس مقیاس لیکرت ۷ درجه‌ای (از ۱ = کاملاً مخالفم تا ۷ = کاملاً موافقم) سنجیده شد. همچنین در گویه‌های معکوس، نمره‌دهی به‌صورت معکوس‌سازی(Reverse Scoring) انجام شد به‌گونه‌ای که نمرات بالاتر هم‌جهت با افزایش رضایت تفسیر گردید.

سؤال پژوهشی ۲: آیا بین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هریک از گروه‌های پژوهش تفاوت معناداری وجود دارد؟

جدول ۱۳. نتایج آزمون تی زوجی جهت مقایسه نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون به تفکیک گروه‌ها

گروه	مرحله	M	SD	t	df	P	d
آزمایش ۱	پیش‌آزمون	۵/۵۵	۳/۱۷	-۳/۴۷	۱۹	۰/۰۰۳	۰/۷۸
آزمایش ۱	پس‌آزمون	۸/۴۵	۳/۴۱	-۳/۴۷	۱۹	۰/۰۰۳	۰/۷۸
آزمایش ۲	پیش‌آزمون	۴/۹۵	۲/۴۶	-۶/۹۰	۱۹	<۰/۰۰۱	۱/۵۴
آزمایش ۲	پس‌آزمون	۱۰/۴۰	۳/۲۲	-۶/۹۰	۱۹	<۰/۰۰۱	۱/۵۴
کنترل	پیش‌آزمون	۵/۰۶	۲/۵۱	-۴/۵۷	۱۹	<۰/۰۰۱	۱/۱۱
کنترل	پس‌آزمون	۸/۸۸	۳/۲۸	-۴/۵۷	۱۹	<۰/۰۰۱	۱/۱۱

به‌منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی نمرات از مرحله پیش‌آزمون به پس‌آزمون، از آزمون تی وابسته (paired-samples t-test) استفاده شد. یافته‌ها حاکی از آن است که نمرات هر سه گروه در پس‌آزمون به‌طور معناداری افزایش یافته است. در گروه آزمایشی اول (ساده به پیچیده)، نمرات از مرحله پیش‌آزمون (M = ۵.۵۵,SD =۳.۱۷) به پس‌آزمون (M =۸.۴۵ , SD =۳.۴۱) با اندازه اثر متوسط روبه‌بالا ارتقا یافت؛ d=۰.۷۸، p=۰.۰۰۳، t(۳) =-۳.۴۷ . گروه آزمایشی دوم (پیچیده به ساده) نیز افزایش چشمگیر و معناداری را از پیش‌آزمون (M=۴.۹۵, SD =۲.۴۶) به پس‌آزمون (M=۱۰.۴۰ SD=۳.۲۲) با اندازه اثر بسیار بزرگ تجربه کرد؛ t(۱۹) = -۶.۹۰p < ,۰.۰۰۱, d=۱.۵۴. به همین‌ترتیب تغییرات در گروه کنترل از پیش آزمون (M=۵.۰۶ , SD=۲.۵۱) به پس‌آزمون (M=۸.۸۸ , SD=۳.۲۸) از نظر آماری کاملا معنادار بود؛ t(۱۹) = ۶.۹۰, p <۰.۰۰۱ , d =۱.۱۱.

سؤال پژوهشی ۳: آیا بین نمرات پس‌آزمون و آزمون یادداری در هر یک از گروه‌های پژوهش تفاوت معناداری وجود دارد؟

جدول ۱٤. نتایج آزمون تی زوجی جهت مقایسه نمرات پس‌آزمون و یادداری به تفکیک گروه‌ها

گروه	مرحله	M	SD	t	Df	p	d
آزمایش ۱	پس‌آزمون	۸/۴۵	۳/۴۱	۱/۸۳	۱۹	۰/۰۸۴	۰/۴۱
آزمایش ۱	یادداری	۶/۶۵	۲/۹۶	۱/۸۳	۱۹	۰/۰۸۴	۰/۴۱
آزمایش ۲	پس‌آزمون	۱۰/۴۰	۳/۲۲	۰/۵۰	۱۹	۰/۶۲۴	۰/۱۱
آزمایش ۲	یادداری	۱۰/۰۰	۴/۲۱	۰/۵۰	۱۹	۰/۶۲۴	۰/۱۱
کنترل	پس‌آزمون	۸/۸۸	۳/۲۸	۳/۰۱	۱۹	۰/۰۰۸	۰/۷۳
کنترل	یادداری	۶/۹۴	۴/۳۵	۳/۰۱	۱۹	۰/۰۰۸	۰/۷۳

به‌منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی نمرات از مرحله پس‌آزمون به یادداری، از آزمون تی وابسته(Paired-samples t-test) استفاده شد. یافته‌ها حاکی از آن است که نمرات در گروه‌های آزمایش تفاوت معناداری نداشته (حفظ یادگیری)، اما در گروه گواه افت معناداری را نشان داده است. در گروه آزمایشی اول (ساده به پیچیده) تغییرات نمرات از مرحله پس‌آزمون (M=۸.۴۵, SD= ۳.۴۱) به یادداری (M=۶.۶۵, SD=۲.۹۶) از نظر آماری معنادار نبود؛ d=۰.۴۱, =۰.۰۸۴, p ۱.۸۳=t(۱۹). گروه آزمایشی دوم (پیچیده به ساده) نیز تغییر معناداری را از پس‌آزمون (M=۱۰.۴۰ SD,= ۳.۲۲) به یادداری (M=۱۰.۰۰ SD=۴.۲۱) تجربه نکرد؛ d= ۰.۱۱ , p=۰.۶۲۴ ,t(۱۹)=۰.۵۰. در مقابل، افت نمرات در گروه کنترل از پس‌آزمون (M = ۸.۸۸ , SD = ۳.۲۸) به یادداری (M= ۶.۹۴ , SD = ۴.۳۵) از نظر آماری معنادار بود؛ t(۱۹) = ۳.۰۱ , p = ۰.۰۰۸ , d = ۰.۷۳.

بحث و تبیین یافته‌ها

تبیین یافته‌های فرضیه اول: یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که در مرحله یادگیری مفهومی (پس‌آزمون)، اثر گروه بر عملکرد یادگیری معنادار نبود (p=۰.۵۲۵). این یافته بیانگر آن است که در سطح یادگیری اولیه، تفاوت قابل‌توجهی میان انواع توالی‌های آموزشی مشاهده نشد. با این حال، در مرحله یادداری (آزمون تأخیری)، اثر گروه همچنان معنادار نبود (p= ۰.۵۶۱). اگرچه گروه «پیچیده به ساده» میانگین بالاتری نسبت به گروه «ساده به پیچیده» نشان داد، اما این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود. همچنین اندازه اثر گروه در هر دو مرحله پایین گزارش شد (ηp^2=۰.۰۲۵ برای یادگیری مفهومی و ηp^2=۰.۰۲۲ برای یادداری). درمجموع، نتایج نشان داد که توالی آموزشی ساده به پیچیده در هیچ‌یک از دو مرحله یادگیری و یادداری، اثر معناداری بر عملکرد دانشجویان نداشته است.

این یافته نشان می‌دهد که تفاوت بین توالی‌های آموزشی در سطح ماندگاری اطلاعات آشکارتر از سطح یادگیری فوری است. در مقابل، گروه «ساده به پیچیده» نه‌تنها در مرحله یادگیری مفهومی برتری نداشت، بلکه در آزمون یادداری نیز نسبت به گروه مقابل عملکرد ضعیف‌تری نشان داد و کمترین اثرگذاری را در میان شرایط آزمایشی به خود اختصاص داد. این الگو نشان می‌دهد که توالی ساده به پیچیده نه در عملکرد اولیه و نه در ماندگاری اطلاعات، مزیت قابل‌توجهی ایجاد نکرده است. این یافته‌ها با ادبیات پژوهشی اخیر که اثربخشی عمومی توالی ساده به پیچیده را مورد تردید قرار داده‌اند، هم‌راستا است. برای مثال، ژانگ و سوئلر[1] (۲۰۲۴)، گزارش کردند که در شرایطی که محتوای آموزشی دارای تعامل بالای عناصر شناختی است، توالی «آموزش صریح پیش از حل مسئله» که مشابه ساختار ساده به پیچیده است، نسبت به توالی معکوس کارایی کمتری در تسهیل یادگیری عمیق دارد. همچنین لویبل و رومل[2] (۲۰۲۰) در یک مطالعه آزمایشی با ۱۸۱ دانش‌آموز نشان دادند که توالی I-PS اگرچه ممکن است به بهبود روانی رویه‌ای منجر شود، اما در ایجاد درک مفهومی عمیق‌تر نسبت به توالی معکوس برتری ندارد. این یافته‌ها در چارچوب نظریه دشواری‌های مطلوب[3] (بیورک و بیورک[4]، ۲۰۱۱) قابل تبیین است. براساس این نظریه، شرایط یادگیری که در کوتاه‌مدت چالش‌برانگیزتر هستند، از طریق افزایش درگیری شناختی و پردازش عمیق‌تر، به بهبود ماندگاری بلندمدت اطلاعات منجر می‌شوند. بنابراین، فقدان چالش اولیه در توالی ساده به پیچیده احتمالاً موجب کاهش سطح درگیری شناختی شده و درنهایت به تضعیف ماندگاری اطلاعات در حافظه بلندمدت انجامیده است (بیورک و بیورک، ۲۰۲۰).

تبیین یافته‌های فرضیه دوم: یافته‌های پژوهش در بررسی فرضیه دوم، الگویی دووجهی را نشان داد. در مرحله یادگیری مفهومی، تفاوت بین گروه‌ها معنادار نبود (p=۰.۰۹۵). این نتیجه نشان می‌دهد که نوع توالی آموزشی تأثیر معناداری بر عملکرد فوری یادگیرندگان نداشته است. در مرحله یادداری، تفاوت بین گروه‌ها معنادار بود (p = ۰.۰۲۲). نتایج مقایسه‌های زوجی نشان داد که تفاوت بین گروه «پیچیده به ساده» و «ساده به پیچیده» معنادار بود (p = ۰.۰۲۶) تفاوت بین گروه «پیچیده به ساده» و کنترل معنادار نبود (p = ۰.۰۶۴). این الگو نشان می‌دهد که اثر توالی آموزشی بیشتر در سطح یادداری آشکار می‌شود تا در یادگیری مفهومی.

این عدم معناداری با یافته‌های وسترمن و رومل[5] (۲۰۲۰) هم‌راستا است. آنان نشان دادند که روش «شکست مولد»، که مبتنی بر توالی PS-Iاست، همواره و در تمامی حوزه‌های آموزشی نسبت به آموزش مستقیم برتری ندارد و اثربخشی آن می‌تواند به ماهیت و پیچیدگی محتوای آموزشی وابسته باشد .با این حال، یافته کلیدی پژوهش در مرحله یادداری آشکار شد؛ جایی که گروه پیچیده به ساده به‌طور معناداری عملکرد بهتری نسبت به گروه ساده به پیچیده نشان داد (p = ۰.۰۲۲). این الگوی ظهور تأخیری تا حدودی با سازوکار «شکست مولد[6]» هم‌خوان است، به‌گونه‌ای که درگیری اولیه با مسائل پیچیده، علی‌رغم عدم ایجاد مزیت فوری، می‌تواند از طریق فعال‌سازی دانش پیشین و ایجاد آمادگی شناختی، زمینه‌ساز تثبیت عمیق‌تر اطلاعات در حافظه بلندمدت شود (لیم و همکاران[7]، ۲۰۲۳). در نهایت، این الگوی دوگانه با هسته مفهومی مدل «شکست، وارونه‌سازی، تثبیت و بازخورد» کاپور و همکاران[8] (۲۰۲۲)، نیز هم‌سو است. براساس این مدل، تجربه اولیه شکست یا دشواری در یادگیری نه به‌عنوان مانع، بلکه به‌عنوان یک فرصت شناختی برای بازسازی دانش و ایجاد یادگیری پایدار تلقی می‌شود.

1. Zhang & sweller
2. Loibl& rummel
3. Desirable difficulties
4. Bjork & bjork
5. Westermann & rummel
6. Productive failoure
7. Lim et al
8. Kapur et al

تبیین نظری یافته‌های فرضیه سوم: یافته‌های مربوط به فرضیه سوم نشان داد در مرحله یادگیری مفهومی تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود نداشت (p =۰.۵۲۵)، درحالی‌که در مرحله یادداری تفاوت معنادار مشاهده شد (p=۰.۰۱۴) و عملکرد گروه پیچیده به ساده نسبت به سایر گروه‌ها بالاتر بود، هرچند این اثر در همه مقایسه‌های زوجی پایدار نبود. در سطح یادگیری مفهومی، این الگو با نظریه بار شناختی قابل تبیین است؛ به‌گونه‌ای که در شرایط بار شناختی مشابه، تفاوت عملکرد فوری بین گروه‌ها مشاهده نمی‌شود. هارتمن و همکاران[1] (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند که تغییر در ساختار آماده‌سازی شناختی لزوماً به تفاوت در عملکرد فوری منجر نمی‌شود. در مقابل، در سطح یادداری، نتایج نشان داد که درگیری اولیه با مسائل پیچیده می‌تواند از طریق پردازش عمیق‌تر شناختی به بهبود ماندگاری اطلاعات در حافظه بلندمدت منجر شود. این الگو با نظریه دشواری‌های مطلوب بیورک و بیورک (۲۰۱۱) همسو است. همچنین این یافته با رویکرد شکست مولد همخوان است که بر نقش چالش اولیه در تسهیل یادگیری پایدار تأکید دارد. درمجموع، نتایج نشان می‌دهد اثرات مداخلات آموزشی ممکن است در سنجش‌های فوری آشکار نشوند و تنها در مراحل بعدی یادگیری قابل مشاهده باشند.

تبیین یافته‌های سؤال پژوهشی اول (رضایت یادگیرندگان): یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد یافته‌های توصیفی نشان داد میانگین رضایت یادگیرندگان در هر سه گروه در سطحی نسبتاً بالا و مشابه قرار داشت. این یافته با پژوهش‌های پیشین همسو است که رضایت یادگیرندگان را بیش از ساختار توالی آموزشی، تابع عوامل فردی و انگیزشی می‌دانند اوچار و اوچار[2] (۲۰۲۲). در چارچوب مدل ARCS کلر[3] (۲۰۱۰)، رضایت می‌تواند نه‌تنها از سهولت فرایند یادگیری، بلکه از تجربه موفقیت در مواجهه با چالش‌های آموزشی نیز ناشی شود. از این‌رو، شباهت سطوح رضایت در گروه‌های پژوهش نشان می‌دهد هر سه شیوه سازمان‌دهی محتوا توانسته‌اند تجربه یادگیری مطلوبی برای یادگیرندگان فراهم کنند.

تبیین یافته های پژوهشی سوال دوم: یافته‌های مربوط به سؤال پژوهشی دوم نشان داد که نمرات یادگیری مفهومی در هر سه گروه پژوهش از مرحله پیش‌آزمون به پس‌آزمون به‌طور معناداری افزایش یافته است. این یافته نشان می‌دهد که شرکت‌کنندگان پس از قرارگرفتن در فرایند آموزشی، درک عمیق‌تری از مفاهیم مورد آموزش کسب کرده‌اند و توانسته‌اند عملکرد بهتری نسبت به مرحله پیش‌آزمون نشان دهند. این یافته را می‌توان براساس نظریه یادگیری معنادار آزوبل[4] (۱۹۶۸) تبیین کرد. براساس این نظریه، یادگیری زمانی به‌صورت معنادار رخ می‌دهد که اطلاعات جدید با ساختارهای شناختی پیشین یادگیرنده مرتبط شود. در چنین شرایطی، دانش جدید به شکلی منسجم در حافظه سازمان‌دهی شده و امکان فهم بهتر مفاهیم را فراهم می‌کند. بنابراین، قرارگرفتن یادگیرندگان درمعرض محتوای آموزشی و فرصت تعامل با مفاهیم می‌تواند موجب بازسازمان‌دهی ساختارهای شناختی و ارتقای یادگیری مفهومی شود. همچنین این یافته با دیدگاه پردازش اطلاعات همسو است. از این منظر، یادگیری زمانی تقویت می‌شود که فراگیران فرصت کافی برای رمزگردانی، سازمان‌دهی و بازیابی اطلاعات داشته باشند. به نظر می‌رسد فعالیت‌های آموزشی ارائه‌شده در این پژوهش، زمینه پردازش فعال اطلاعات و برقراری ارتباط میان دانش پیشین و اطلاعات جدید را فراهم‌کرده و درنتیجه موجب بهبود عملکرد یادگیرندگان در مرحله پس‌آزمون شده است (مایر[5]، ۲۰۲۰). این یافته با نتایج پژوهش‌های پیشین نیز همخوانی دارد. پژوهش‌های شونک ودی‌بندتو[6] (۲۰۲۰) نشان داده‌اند که مشارکت فعال یادگیرندگان در فرایند یادگیری و درگیری شناختی با محتوا می‌تواند به بهبود یادگیری مفهومی و عملکرد آموزشی منجر شود. بنابراین، افزایش معنادار نمرات در هر سه گروه را می‌توان ناشی از تأثیر فرایند آموزش و فرصت پردازش فعال اطلاعات دانست. با این حال، ازآنجاکه در این بخش تنها تغییرات درون‌گروهی بررسی شده است، نمی‌توان براساس این نتایج درباره برتری یک شیوه توالی محتوا نسبت به شیوه دیگر قضاوت کرد. این یافته صرفاً نشان می‌دهد که هر سه گروه در نتیجه تجربه آموزشی، پیشرفت معناداری در یادگیری مفهومی داشته‌اند.

تبیین یافته‌های سؤال پژوهشی سوم: یافته‌های مربوط به سؤال پژوهشی سوم نشان داد که بین نمرات پس‌آزمون و یادداری در دو گروه آزمایشی تفاوت معناداری وجود نداشت، درحالی‌که گروه کنترل در مرحله یادداری کاهش معناداری را تجربه کرد. این یافته بیانگر آن است که یادگیری ایجادشده در گروه‌های آزمایشی از پایداری بیشتری برخورداربوده و بخش عمده‌ای از آموخته‌ها در طول زمان حفظ شده است. این یافته را می‌توان براساس نظریه سطوح پردازش کریگ و لاکهارت[7]

1. Hartmann et al
2. Uçar & uçar
3. Keller
4. Ausubel
5. Mayer
6. Schunk & dibenedetto
7. Craik & lockhart

(۱۹۷۲) تبیین کرد. مطابق این نظریه، هرچه اطلاعات در سطوح عمیق‌تر معنایی پردازش شوند، احتمال انتقال آن‌ها به حافظه بلندمدت و حفظ آن‌ها در طول زمان افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد تجارب یادگیری فراهم‌شده در گروه‌های آزمایشی، فرصت بیشتری برای درگیری شناختی با مفاهیم و پردازش فعال اطلاعات ایجاد کرده است. در این زمینه، چی و وایلی[1] (۲۰۱۴) در چارچوب مدل ICAP نشان دادند که سطوح بالاتر درگیری شناختی با یادگیری عمیق‌تر و پیامدهای یادگیری پایدارتر همراه است. بنابراین، حفظ عملکرد یادگیرندگان در مرحله یادداری را می‌توان ناشی از پردازش عمیق‌تر و سازمان‌یافته‌تر اطلاعات در جریان یادگیری دانست. از سوی دیگر، کاهش معنادار نمرات در گروه کنترل را می‌توان با یافته‌های مربوط به زوال تدریجی حافظه تبیین کرد. مور و دروس[2] (۲۰۱۵) در بازآزمایی منحنی فراموشی ابینگهاوس نشان دادند که درصورت نبود تثبیت کافی اطلاعات، بخشی از آموخته‌ها به مرور زمان دچار افت می‌شوند. بنابراین، افت مشاهده‌شده در گروه کنترل می‌تواند نشان‌دهنده پایداری کمتر یادگیری و تثبیت ضعیف‌تر اطلاعات در حافظه بلندمدت نسبت به گروه‌های آزمایشی باشد. این یافته همچنین با اصول طراحی آموزشی همخوان است. ون‌مرینبوئر و کرشنر[3] (۲۰۱۸) تأکید می‌کنند که سازمان‌دهی مناسب تجارب یادگیری و فراهم‌کردن فرصت برای پردازش معنادار اطلاعات، احتمال انتقال دانش به حافظه بلندمدت و حفظ آن را افزایش می‌دهد. از این‌رو، عدم تفاوت معنادار بین نمرات پس‌آزمون و یادداری در گروه‌های آزمایشی را می‌توان نشانه‌ای از تثبیت مؤثرتر یادگیری و پایداری بیشتر آموخته‌ها در این گروه‌ها دانست. درمجموع، نتایج نشان می‌دهد که اگرچه هر سه گروه در مرحله پس‌آزمون پیشرفت را تجربه کردند، اما تنها در گروه‌های آزمایشی این پیشرفت در طول زمان حفظ شد. این موضوع بیانگر آن است که شرایط آموزشی فراهم‌شده در این گروه‌ها توانسته است به شکل‌گیری یادگیری پایدارتر و ماندگارتر منجر شود.

نتیجه‌گیری و بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر الگوهای مختلف توالی آموزشی، شامل توالی ساده به پیچیده، پیچیده به ساده و شرایط کنترل، بر یادگیری مفهومی، ماندگاری یادگیری و رضایت یادگیرندگان در محیط‌های دیجیتال آموزش عالی انجام شد. در مجموع، یافته‌ها نشان دادند که اثر توالی آموزشی را نمی‌توان صرفاً براساس عملکرد فوری یادگیرندگان ارزیابی کرد و بررسی ماندگاری یادگیری می‌تواند تصویر متفاوتی از اثربخشی یک شیوه آموزشی ارائه دهد.

نتایج نشان داد که توالی ساده به پیچیده در یادگیری مفهومی و یادداری، پس از کنترل نمرات پیش‌آزمون، برتری معناداری نسبت به سایر گروه‌ها ایجاد نکرد. در مقابل، توالی پیچیده به ساده الگویی متفاوت نشان داد؛ به‌گونه‌ای که اگرچه تفاوت معناداری در یادگیری مفهومی آن با توالی ساده به پیچیده مشاهده نشد، عملکرد این گروه در مرحله یادداری به‌طور معناداری بهتر از گروه ساده به پیچیده بود و در مقایسه با گروه کنترل نیز در آستانه معناداری قرار داشت. بنابراین، به نظر می‌رسد مزیت احتمالی توالی پیچیده به ساده بیش از آنکه در عملکرد فوری یادگیری آشکار شود، در ماندگاری و تثبیت بلندمدت یادگیری نمایان می‌شود.

از سوی دیگر، افزایش معنادار نمرات یادگیری مفهومی از پیش‌آزمون به پس‌آزمون در هر سه گروه نشان داد که هر سه شرایط آموزشی توانسته‌اند به بهبود یادگیری مفهومی منجر شوند. با این‌حال، اندازه اثر بزرگ‌تر در گروه پیچیده به ساده می‌تواند نشان‌دهنده ظرفیت بیشتر این توالی برای ارتقای عملکرد یادگیری باشد؛ هرچند براساس تغییرات درون‌گروهی نمی‌توان به‌تنهایی درباره برتری قطعی یک توالی نسبت به سایر توالی‌ها قضاوت کرد.

در زمینه ماندگاری یادگیری نیز گروه‌های آزمایشی افت معناداری از پس‌آزمون به آزمون یادداری نشان ندادند، درحالی‌که گروه کنترل کاهش معناداری را تجربه کرد. این یافته نشان می‌دهد که تجربه آموزشی ساختارمند، صرف‌نظر از نوع توالی، می‌تواند به تثبیت بهتر آموخته‌ها کمک کند. همچنین، کمترین میزان افت در گروه پیچیده به ساده می‌تواند مؤید نقش احتمالی این توالی در شکل‌گیری یادگیری پایدارتر باشد.

درخصوص رضایت نیز تفاوت قابل‌توجهی میان سه گروه مشاهده نشد و هر سه گروه سطح نسبتاً بالایی از رضایت را گزارش کردند. بنابراین، تغییر ترتیب ارائه محتوا به‌تنهایی عامل تعیین‌کننده‌ای برای رضایت یادگیرندگان نبوده است. این یافته نشان می‌دهد که رضایت احتمالاً تحت‌تأثیر مجموعه‌ای از عوامل فردی، انگیزشی، تعاملی و کیفیت کلی تجربه یادگیری قرار دارد.

درمجموع، یافته‌های پژوهش حاضر از این دیدگاه حمایت

1. Chi & wylie
2. Murre & dros
3. Van merriënboer & kirschner

می‌کنند که توالی آموزشی یک متغیر طراحی چندبعدی و احتمالاً وابسته به زمان است؛ به این معنا که اثر آن ممکن است در کوتاه‌مدت و بلندمدت یکسان نباشد. از این منظر، ارزیابی اثربخشی طراحی آموزشی نباید صرفاً بر نتایج پس‌آزمون فوری متکی باشد، بلکه لازم است ماندگاری یادگیری نیز در فاصله زمانی مناسب مورد سنجش قرار گیرد. در شرایط این پژوهش، توالی پیچیده به ساده از ظرفیت بیشتری برای حمایت از ماندگاری یادگیری برخوردار بود، بدون آنکه موجب کاهش رضایت یادگیرندگان شود.

یافته‌های پژوهش حاضر دارای کاربردهایی برای طراحی آموزشی و آموزش‌عالی دیجیتال است. نخست، ارزیابی اثربخشی برنامه‌های آموزشی بهتر است علاوه بر پس‌آزمون فوری، شامل آزمون‌های تأخیری نیز باشد؛ زیرا برخی آثار توالی آموزشی ممکن است در عملکرد فوری آشکار نشوند و در مراحل بعدی یادگیری نمایان شوند.

دوم، با توجه به عملکرد بهتر گروه پیچیده به ساده در مرحله یادداری و نبود کاهش در رضایت یادگیرندگان، طراحان آموزشی می‌توانند این الگوی توالی را در طراحی برخی محتوای آموزشی دیجیتال موردتوجه قرار دهند، به‌ویژه در موقعیت‌هایی که هدف اصلی علاوه‌بر یادگیری اولیه، تثبیت و ماندگاری دانش است.

سوم، یافته‌های پژوهش می‌تواند برای طراحی محیط‌های یادگیری دیجیتال و سامانه‌های آموزشی تطبیقی مورد استفاده قرار گیرد. به‌جای وابستگی کامل به یک توالی خطی ثابت، می‌توان شرایطی را فراهم کرد که دشواری و ترتیب ارائه محتوا متناسب با نیازهای یادگیرندگان تنظیم شود. چنین رویکردی می‌تواند زمینه ترکیب مزایای توالی‌های مختلف و توجه هم‌زمان به یادگیری فوری و ماندگاری بلندمدت را فراهم کند.

در سطح مدیریتی نیز نتایج می‌تواند برای طراحان برنامه‌های درسی، مدرسان آموزش‌عالی و مسئولان توسعه آموزش الکترونیکی مفید باشد تا در طراحی محتوای دیجیتال، ارزیابی اثربخشی را صرفاً به میزان موفقیت فوری یادگیرندگان محدودنکرده و ماندگاری یادگیری را نیز به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی کیفیت آموزشی در نظر بگیرند.

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی مواجه بود که باید در تفسیر و تعمیم یافته‌های آن موردتوجه قرار گیرند. نخست، استفاده از سؤالات یکسان در پیش‌آزمون، پس‌آزمون و آزمون یادداری می‌تواند احتمال بروز اثر تمرین را افزایش داده باشد. درنتیجه، بخشی از تغییرات مشاهده‌شده در عملکرد ممکن است ناشی از آشنایی قبلی یادگیرندگان با سؤالات بوده باشد؛ هرچند میزان دقیق این اثر در پژوهش حاضر قابل برآورد مستقیم نیست.

دوم، رضایت یادگیرندگان با استفاده از ابزار خودگزارشی سنجیده شد. بنابراین، احتمال وجود سوگیری‌هایی مانند تمایل به پاسخ‌دهی اجتماعی مطلوب وجود دارد و ممکن است پاسخ‌های ارائه‌شده به‌طور کامل منعکس‌کننده تجربه واقعی یادگیرندگان نباشد.

سوم، با وجود تلاش برای یکسان‌سازی شرایط گروه‌ها، کنترل کامل متغیرهای فردی مانند تفاوت در توانایی‌های شناختی، انگیزش و سبک‌های یادگیری امکان‌پذیر نبود. بنابراین، بخشی از تفاوت‌های مشاهده‌شده ممکن است تحت تأثیر ویژگی‌های فردی یادگیرندگان قرار گرفته باشد.

با توجه به محدودیت‌های پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با استفاده از حجم نمونه‌های بزرگ‌تر و نمونه‌هایی متنوع‌تر، یافته‌های حاضر را در زمینه‌های آموزشی و جمعیت‌های مختلف بررسی کنند. همچنین، استفاده از طراحی‌های آزمایشی دقیق‌تر می‌تواند امکان بررسی روشن‌تر اثر مستقل توالی آموزشی را فراهم سازد.

از سوی دیگر، با توجه به اهمیت بار شناختی در تبیین اثر توالی آموزشی، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده این متغیر را به‌صورت مستقیم اندازه‌گیری کنند. ترکیب سنجه‌های بار شناختی با داده‌های عملکردی و رفتاری می‌تواند به روشن‌ترشدن سازوکارهای شناختی زیربنای تفاوت میان توالی‌های آموزشی کمک کند.

همچنین، استفاده از ابزارهای چندمنبعی، ازجمله داده‌های رفتاری و در صورت امکان داده‌های فیزیولوژیک، می‌تواند تصویری دقیق‌تر از فرایند یادگیری ارائه دهد و محدودیت اتکا به داده‌های خودگزارشی را کاهش دهد.

درنهایت، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده به‌جای تمرکز صرف بر الگوهای خطی و از پیش تعیین‌شده، طراحی‌های آموزشی انعطاف‌پذیر و تطبیقی را بررسی کنند؛ به‌گونه‌ای که ترتیب و دشواری محتوا بتواند براساس عملکرد و نیازهای یادگیرنده تغییر کند. چنین رویکردی می‌تواند امکان بررسی این موضوع را فراهم سازد که چگونه می‌توان مزایای یادگیری فوری و ماندگاری بلندمدت را به‌طور هم‌زمان در محیط‌های دیجیتال تقویت کرد.

سپاسگزاری

از تمام عزیزان شرکت‌کننده، که در انجام این پژوهش، صمیمانه ما را همراهی نمودند تقدیر و تشکر به عمل می‌آید. که بدون همکاری این بزرگواران انجام این پژوهش میسر نبود.

ملاحظات اخلاقی

در جریان اجرای این پژوهش و تهیه مقاله کلیه قوانین کشوری و اصول اخلاق حرفه ای مرتبط با پژوهش رعایت شده است.

تامین مالی

کلیه هزینه های پژوهش حاضر توسط نویسندگان مقاله تأمین شده است.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است. این مقاله قبلاً در هیچ نشریه‌ای اعم از داخلی یا خارجی چاپ نشده است.

دسترسی به داده‌ها

داده های پژوهش از طریق نویسنده مسئول براساس ارائه دایل منطقی قابل ارائه است.

مشارکت های نویسندگان

حجت دهقان‌زاده مسئولیت طراحی طرح پژوهش، ارائه مبانی نظری آموزشی، رفع اشکالات علمی نسخه نهایی مقاله و انجام تحلیل داده‌ها را برعهده داشته است. رها اسماعیلی گنگچین نیز در انجام تحلیل، مرور منابع علمی مرتبط، اجرای آزمایش‌های پژوهشی و نگارش نسخه اولیه همکاری و مشارکت داشته است.

Refrences

Amirteymouri, M.H. (2019). Media and educational-learning environments. SAMT. [In Persian].

Ademmer, C., & Prediger, S. (2025). How can ideas be connected afterwards? Decomposing teachers' facilitation practices for conceptual learning in a case of formal volume calculation. *Cognition and Instruction*, 43(4), 355–388. https://doi.org/10.1080/07370008.2025.2527688

Alonso, F., López, G., Font, J. M., & Manrique, D. (2010). Learner satisfaction when applying an instructional model in e-learning: An experimental study. *In Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Supported Education (CSEDU),* (Vol. 2, pp. 141–146). SciTePress. https://doi.org/10.5220/0002767601410146

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. Holt, Rinehart and Winston.

Bae, J., & Won, J. (2023). The effect of blended class elements on class satisfaction. *Journal of Korean Society for Educational Technology*, 39(2), 565–592. https://doi.org/10.17232/KSET.39.2.565

Bakhsh Azadi, V. & Soltani, A. (2021). The Relationship between Investigative Courses and Learning Outcomes: Exploring the Mediating Effects of Students' Engagement Levels. *Journal of New Thoughts on Education*, *17*(3), 125-151. [In Persian]. https://doi.org/10.22051/jontoe.2021.30094.2961

Barmby, P., Harries, T., Higgins, S., & Suggate, J. (2009). The array representation and primary children's understanding and reasoning in multiplication. *Educational Stud ies in Mathematics*,70(3), 217–241. https://doi.org/10.1007/s10649-008-9145-1

Barzegar, Razieh, & Ali Abadi, Khadijah. (2013). Investigate The Effect Of Instructional Design Model Of Gagne And Briggs On Learning, Retention And Motivation On Academic Achievement In Science Courses. Curriculum Planning Knowledge & Research In Educational Sciences, 10(11 (38)), 24-36. SID. [In Persian]. https://sid.ir/paper/127364/en

Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. In M. A. Gernsbacher, R. W. Pew, L. M. Hough, & J. R. Pomerantz (Eds.), *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society* (pp. 56–64). Worth Publishers. 70(3), 217-241. *70(3), 217–241. https://doi.org/10.1007/s10649-008-9145-1*

Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (2020). Desirable difficulties in theory and practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 9(4), 475–479. https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2020.09.003

Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823

Costley, J., Gorbunova, A., Courtney, M., Chen, O., & Lange, C. (2023). Problem-solving support and instructional sequence: Impact on cognitive load and student performance. *European Journal of Psychology of Education*, 38(3), 1817–1840. https://doi.org/10.1007/s10212-023-00757-7

Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *11*(6), 671–684. https://doi.org/10.1016/S0022-5371(72)80035-4

Dehghanzadeh, H. , Dehghanzadeh, H. , Norouzi, D. and Amir Teimouri, M. H. (2016). Comparison of the

Effectiveness of Riegeluth and Gagné Instructional Design Models Together and with Traditional Method in Learning Third Grade Junior Students. *Educational Psychology*, 12(39), 119-134. [In Persian]. https://doi.org/10.22054/jep.2016.4120

Drollinger-Vetter, B. (2011). Verstehenselemente und strukturelle Klarheit [Conceptual knowledge elements and structural clarity]. Waxmann.

Edelsbrunner, P. A., Schumacher, R., Hänger-Surer, B., Schalk, L., & Stern, E. (2024). Preparation for future conceptual learning: Content-specific long-term effects of early physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, 116(8), 1479–1499. https://doi.org/10.1037/edu000088

Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (2013). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 26(2),4371. *https://doi.org/10.1002/piq.21143*

Fabiyi, S. D. (2025). What can ChatGPT not do in education? Evaluating its effectiveness in assessing educational learning outcomes. *Innovations in Education and Teaching International*, 62(2), 484–498. https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2333395

Ganaiem, E., & Roll, I. (2025). Investigating the order of example-problem sequences when learning experimental design and graphing competencies. *Instructional Science*, 53, 1663–1690. https://doi.org/10.1007/s11251-025-09750-7

Hartmann, C., van Gog, T., & Rummel, N. (2022). Productive versus vicarious failure: Do students need to fail themselves in order to learn? *Applied Cognitive Psychology*, 36(6), 1219–1233. https://doi.org/10.1002/acp.4004

Jabsheh, A. H. (2024). Behaviorism, cognitivism, and constructivism as the theoretical bases for instructional design. *Technium Education and Humanities*, 7, 10–28. https://www.researchgate.net/publication/385286393

Kapur, M., Hattie, J., Grossman, I., & Sinha, T. (2022). Fail, flip, fix, and feed – Rethinking flipped learning: A review of meta-analyses and a subsequent meta-analysis. *Frontiers in Education*, 7, Article 956416. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.956416

Kennedy, D. (2007). Writing and using learning outcomes: A practical guide. Quality Promotion Unit, University College Cork.

Kim, O. K. (2018). Teacher decisions on lesson sequence and their impact on opportunities for students to learn. *In Proceedings of the Annual Meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 315–328. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73253-4_15

Keller, J. M. (2010). Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3

Lange, C., & Costley, J. (2020). How sequencing content and fading instructional support reduce extraneous processing. *Innovations in Education and Teaching International*, 59(3), 253–262. https://doi.org/10.1080/14703297.2020.1861966

Lim, L., Lim, S. H., & Lim, R. W. Y. (2022). Measuring learner satisfaction of an adaptive learning system. *Behavioral Sciences*, 12(8), Article 264. https://doi.org/10.3390/bs12080264

Lim, S. L., Lee, Y. H., & Kapur, M. (2023). Prior math achievement and inventive production predict learning from productive failure. *npj Science of Learning*, 8(1), Article 15.

Loibl, K., Tillema, M., Rummel, N., & van Gog, T. (2020). The effect of contrasting cases during problem solving prior to and after instruction. *Instructional Science*, 48(2), 115–136. https://doi.org/10.1007/s11251-020-09504-7

Mahbub, A., & Beedle, J. (2025). Behaviorists, cognitivists, and constructivists learning theories: A comparison and application in instructional design. European Journal of Education Studies, 12(6). https://doi.org/10.46827/ejes.v12i6.6047

Martin, F., & Bolliger, D. U. (2022). Systematic review of learner satisfaction in online higher education: A framework and implications for future research. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), Article 35. https://doi.org/10.1186/s41239-022-00355-5

Mayer, R. E. (2020). Multimedia Learning (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316941355

Mofrad, S. A., Zarifsanaiey, N., Bazrafkan, L., & Shahraki, H. R. (2021). The effect of multi-stage mobile training based on Gagne instructional design on learning, retention, and satisfaction of health volunteers. *Journal of Education and Health Promotion*, 10, Article 219. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1094_20

Mohammadi, F. & Rezapour Mirsaleh, M. (2023). The Purpose of this Study was to Investigate the Role of E-Learning in Learning Environments with Integrated Approach in Secondary Schools in District 2 of Shiraz.. *Technology and Scholarship in Education*, *3*(3), 53-64. [In Persian]. https://doi.org/10.30473/t-edu.2024.70268.1117

Muilwijk, S., & Lazonder, A. (2023). Learning from physical and virtual investigation: A meta-analysis of conceptual knowledge acquisition. *Frontiers in Education*, 8, Article 1163024. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1163024

Murre, J. M. J., & Dros, J. (2015). Replication and analysis of Ebbinghaus' forgetting curve. *PLoS ONE*, 10(7), Article e0120644. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120644

Nigon, J. D., Tucker, T. W., Ekstedt, B. C., Jeong, D. C., Simionescu, D. C., & Koretsky, M. D. (2024). Adaptivity or agency? Educational technology design for conceptual learning of materials science. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(4), Article e22790. https://doi.org/10.1002/cae.22790

Noorani, K. , Roshani, S. and Moradi, M. R. (2025). Explanatory Model of Academic Emotions of Students of E-Learning Courses (during the Corona Era) Case Study: Students of Payam Noor University of Khuzestan Province. *Technology and Scholarship in Education*, *5*(4), 31-47. [In Persian]. https://doi.org/10.30473/t-edu.2025.72360.1198

Nyathi, M., & Sibanda, E. (2023). E-learning: Substitutability of learner–learner, and learner–facilitator interactions to enhance learner satisfaction in higher education. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 16(2), 210–225. https://doi.org/10.1108/JRIT-04-2022-0018

Olukotun, O., & Aderibigbe, S. A. (2021). Effectiveness of instructional sequencing modes and attitude on academic performance of secondary school students with hearing impairment. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/352778543

Post, M., & Prediger, S. (2024). Teaching practices for unfolding information and connecting multiple representations. *Mathematics Education Research Journal*, 36(1), 97–129. https://doi.org/10.1007/s13394-022-00431-z

Pratiwi, A., Azizah, N., Baharudin, B., Saputra, M. I., & Mustofa, M. (2025). Student learning outcomes: Innovative learning with an experimentation blended learning model. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Indonesia*, 5(1), 63–74. https://doi.org/10.53299/jppi.v5i1.938

Reigeluth, C. M. (2007). Order, first step to mastery: An introduction to sequencing in instructional design. In F. E. Ritter, J. Nerb, E. Lehtinen, & T. M. O'Shea (Eds.), In order to learn: How the sequence of topics influences learning (pp. 19–40). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195178845.003.0002

Rezapour, Y., & Taghipour, K. (2013). Effectiveness of simple to complex sequences and composition instructional strategies in learning and retention of concept of experimental science in secondary school. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 2(2), 262–272. http://www.european-science.com/

Schunk, D. H., & DiBenedetto, M. K. (2020). Motivation and social cognitive theory. *Contemporary Educational Psychology*, 60, 101832. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101832

Segal, A., Ben David, Y., Williams, J. J., Gal, K., & Shalom, Y. (2018). Combining difficulty ranking with multi-armed bandits to sequence educational content. *In International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 317–321). Springer. https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.05212

Sheibanifar, R., & Tavakoli, M. (2019). Evaluation in the service of learning: Creativities for qualitative evaluation in the classroom. Tehran: Top researcher. [In Persian].

Sheybani Far, R. (2021). Mobile learning instruction and its effect on the lack of motivation caused by the corona virus (How I got Saman interested in learning). *Quarterly Journal of Education Studies*, 7(26), 77-92. [In Persian]. https://researchbt.cfu.ac.ir/article_1791.html

Shieh, C. J., & Yu, L. (2016). A study on information technology integrated guided discovery instruction towards students' learning achievement and learning retention. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(4), 833–842. https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1554a

Sinclair, P. M., Kable, A., Oldmeadow, C. J., & Wilson, A. (2024). Satisfaction with asynchronous e-learning: An exploratory factor analysis of the Learner Satisfaction with Asynchronous e-Learning (LSAeL) instrument. *Nurse Education in Practice*, 75, Article 103897. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2024.103897

Stępnikowski, A. W. (2021). Virtual reality learning retention in education and trainings. Edukacja Ustawiczna Dorosłych, 55–61. https://doi.org/10.34866/cf3d-a682

Sun, P.-C., Tsai, R. J., Finger, G., Chen, Y.-Y., & Yeh, D. (2008).What drives a successful e-learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction. *Computers & Education*, 50(4), 1183–1202. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.11.007

Toofaninejad,E & Fardanesh,H . (2020). The effect of instructional design based on minimalism theory on learning and retention of students in higher education. *Journal of Research in Educational Systems*, 14(50), 127-142. [In Persian].https://www.jiera.ir/article_112662.html

Taghipour, K., Norouzi, D., & Amirtimouri, M. H. (2012). Investigating the effect of Reigeluth's instructional design model on learning and retention in the second-grade middle school science course. Journal of Educational Psychology, 9(33), 170–189.[In Persian]. https://jep.atu.ac.ir/article_171.html?lang=en

Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2018). Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design (3rd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315113210

Uçar, H., & Uçar, A. (2022). The university students' self-regulated effort, flexibility and satisfaction in distance education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), Article 35. https://doi.org/10.1186/s41239-022-00342-w

Westermann, K., & Rummel, N. (2020). When failure fails to be productive: Probing the effectiveness of productive failure for learning beyond STEM domains. *Instructional Science*, 48(6), 651–697. https://doi.org/10.1007/s11251-020-09525-2

Zhang, L., & Sweller, J. (2024). Instructional sequences in science teaching: Considering element interactivity when sequencing inquiry-based investigation activities and explicit instruction. *European Journal of Psychology of Education*, 39(4), 3791–3801. https://doi.org/10.1007/s10212-024-00799-5