Management and Planning in Educational Systems

Journal of Management and Planning in Educational Systems

Vol. 19 (1), 343-378
DOI: 10.48308/mpes.2026.240847.1618
ISSN: 2423-5261
E-ISSN: 2538-6344

**Received:** 26 July 2025
**Revised:** 28 December 2025
**Accepted:** 18 January 2026
**Published online:** 21 March 2026

# The Mediating Role of Math Anxiety in the Relationship Between Electronic Assessment Protocol and Academic Achievement of High School Students: An Experimental Study

**Khadijeh paseban khamari, Mohammad Reza Rabiei*, Ahmad Shahvarani Semnani & Mohsen Rostamy[1]**

1. Department of Mathematics and Computer Science, Faculty of Converging Sciences and Technologies, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

* Corresponding Author: Department of Statistics, Faculty of Mathematical Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. Email: Rabiei_stat@shahroodut.ac.ir

2. Department of Mathematics and Computer Science, Faculty of Converging Sciences and Technologies, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3. Department of Mathematics and Computer Science, Faculty of Converging Sciences and Technologies, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Type of Article: Scientific- Research

## Abstract

**Objectives:** Mathematics anxiety is a significant educational and psychological challenge that can adversely affect students' academic achievement. With the COVID-19 pandemic and the expansion of online education, concerns about the potential exacerbation of this anxiety have intensified. The present study aimed to investigate the effects of an electronic assessment protocol on students' academic achievement and mathematics anxiety and to elucidate the underlying mechanism through which the protocol influences academic achievement, with particular emphasis on the mediating role of mathematics anxiety.

**Materials and Methods:** This study employed a quasi-experimental pretest–posttest design with a control group. The statistical population comprised all 43,039 female junior high school students in Golestan Province during the 2020–2021 academic year. A sample of 246 students, comprising 167 in the experimental group and 79 in the control group, was selected using multistage cluster sampling. The experimental group received the electronic assessment protocol intervention, whereas the control group continued with its usual online instruction. The research instruments included the Mathematics Anxiety Rating Scale–Revised (MARS-R) and researcher-developed academic achievement tests. Data were analyzed using SPSS version 27 and R software. Analysis of covariance (ANCOVA) was used to examine the effects of the protocol on the dependent variables. Subsequently, path analysis and bootstrapping were employed to investigate the mediating role of mathematics anxiety and clarify the mechanism through which the protocol influenced academic achievement.

**Discussion and Conclusion:** The results indicated that the electronic assessment protocol had a statistically significant effect on improving academic achievement ($p < 0.01$) and reducing mathematics learning anxiety among students in the experimental group ($p = 0.03$). Although the reductions in test anxiety and the overall mathematics anxiety score did not reach statistical significance at the 0.05 level, decreasing trends were observed in both

Paseban Khamari, K., Rabie, M., Shahvarani Semnani, A. & Rostami Malkhalifeh, M. (2026). The Effect of Electronic Assessment Protocol on Academic Achievement Mediated by Mathematics Anxiety in Female Students: A Quasi-Experimental Study with a Path Analysis Approach. *Journal of Management and Planning In Educational System*, 19(1), 343–378. https://doi.org/10.48308/mpes.2026.240847.1618

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Management and Planning in Educational Systems

**Journal of Management and Planning in Educational Systems**

Vol. 19 (1), 343-378
DOI: 10.48308/mpes.2026.240847.1618
ISSN: 2423-5261
E-ISSN: 2538-6344

**Received:** 26 July 2025
**Revised:** 28 December 2025
**Accepted:** 18 January 2026
**Published online:** 21 March 2026

components. More importantly, the mediation analysis revealed that mathematics anxiety, which was targeted by the intervention, played a statistically significant mediating role in the relationship between implementation of the electronic assessment protocol and academic achievement (indirect effect = 0.235; 95% bootstrap confidence interval: 0.021–0.502). This finding suggests that the protocol may indirectly improve academic achievement by reducing mathematics anxiety, particularly mathematics learning anxiety. These findings support the effectiveness of the electronic assessment protocol and help clarify its potential mechanism of action through the mediating role of mathematics anxiety in a quasi-experimental setting. This study highlights the importance of designing and implementing interactive and practical assessment strategies in educational environments, particularly virtual settings, to reduce psychological barriers while promoting learning. It is recommended that educational policymakers give special attention to affective factors, such as mathematics anxiety, alongside cognitive factors, and seriously consider the use of emerging assessment technologies to improve students' psychological and academic outcomes simultaneously.

**Keywords:** Math Anxiety, E-learning, Assessment, Protocol, Academic Achievement.

Paseban Khamari, K., Rabie, M., Shahvarani Semnani, A. & Rostami Malkhalifeh, M. (2026). The Effect of Electronic Assessment Protocol on Academic Achievement Mediated by Mathematics Anxiety in Female Students: A Quasi-Experimental Study with a Path Analysis Approach. *Journal of Management and Planning In Educational System*, 19(1), 343–378. https://doi.org/10.48308/mpes.2026.240847.1618

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی
بهار و تابستان ۱۴۰۵
دوره ۱۹، شماره ۱ (پیاپی ۳۶)
صفحات: ۳۴۳-۳۷۸
DOI: 10.48308/mpes.2026.240847.1618
ISSN: 2423-5261
E-ISSN: 2538-6344
دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۰۴ بازنگری مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷
پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۲۸ چاپ مقاله: ۱۴۰۵/۰۱/۰۱

# تأثیر پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر پیشرفت تحصیلی با تبیین نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در دانش‌آموزان دختر: یک مطالعه نیمه‌آزمایشی با رویکرد تحلیل مسیر

خدیجه پاسبان خمری[۱]، محمدرضا ربیعی*[۱]، احمد شاهورانی سمنانی[۲] و محسن رستمی مال‌خلیفه[۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشکده علوم و فناوری‌های همگرا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: دانشیار گروه آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
Rabiei_stat@shahroodut.ac.ir

۲. دانشیار گروه ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشکده علوم و فناوری‌های همگرا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳. دانشیار گروه ریاضی و علوم کامپیوتر، دانشکده علوم و فناوری‌های همگرا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

نوع مقاله: علمی - پژوهشی

## چکیده

**هدف:** اضطراب ریاضی یک چالش جدی آموزشی و روان‌شناختی است که می‌تواند پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به شیوع کووید۱۹- و گسترش آموزش برخط، نگرانی‌ها در مورد تشدید این اضطراب افزایش یافته است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر پیشرفت تحصیلی و اضطراب ریاضی دانش‌آموزان، و نیز تبیین مکانیسم عمل این پروتکل از طریق نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی، انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل تمامی دانش‌آموزان دختر دوره متوسطه اول استان گلستان به تعداد ۴۳۰۳۹ نفر در سال تحصیلی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ بودند. نمونه‌ای متشکل از ۲۴۶ دانش‌آموز (۱۶۷ نفر گروه آزمایش و ۷۹ نفر گروه کنترل) با استفاده از نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای انتخاب شدند. گروه آزمایش تحت مداخله پروتکل ارزشیابی الکترونیکی قرار گرفت، در حالی که گروه کنترل آموزش سنتی الکترونیکی خود را ادامه داد. ابزارهای پژوهش شامل پرسشنامه اضطراب ریاضی (MARS-R) و آزمون‌های پیشرفت تحصیلی محقق‌ساخته بودند. داده‌ها با نرم‌افزارهای SPSS27 و R مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت بررسی تأثیر پروتکل بر متغیرهای وابسته، از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد. سپس، به‌منظور تبیین مکانیسم تأثیر پروتکل بر پیشرفت تحصیلی، نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی با استفاده از تحلیل مسیر و رویکرد بوت‌استرپ بررسی گردید.

**بحث و نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد پروتکل ارزشیابی الکترونیکی اثربخشی معنی‌داری در بهبود پیشرفت تحصیلی ($P<0.01$) و کاهش اضطراب یادگیری ریاضی دانش‌آموزان گروه آزمایش ($P=0.03$) داشت. اگرچه کاهش اضطراب سنجش و نمره کلی اضطراب ریاضی در سطح معنی‌داری آماری ۰۵/۰ قرار نگرفت، اما روند کاهشی در این مؤلفه‌ها نیز مشاهده شد. مهم‌تر آن‌که، تحلیل واسطه‌گری نشان داد اضطراب ریاضی (به‌عنوان یک متغیر دستکاری شده از طریق مداخله)، نقش واسطه‌ای معنی‌داری (اثر غیرمستقیم ۲۳۵/۰؛ فاصله اطمینان ٪۹۵ بوت‌استرپ: ۰۲۱/۰ تا ۵۰۲/۰) در رابطه بین اجرای پروتکل ارزشیابی الکترونیکی و پیشرفت تحصیلی ایفا می‌کند؛ این بدان معناست که پروتکل مذکور با کاهش اضطراب ریاضی (به‌ویژه اضطراب یادگیری)، به‌طور غیرمستقیم بر بهبود پیشرفت تحصیلی اثرگذار است. این یافته‌ها ضمن تأیید اثربخشی پروتکل ارزشیابی الکترونیکی، مکانیسم عمل آن را از طریق نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در یک بستر نیمه‌آزمایشی روشن می‌سازد. این پژوهش بر اهمیت طراحی و به‌کارگیری

پاسبان خمری، خدیجه، ربیعی، محمد رضا، شاهورانی سمنانی، احمد و رستمی مال خلیفه، محسن. (۱۴۰۵). تأثیر پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر پیشرفت تحصیلی با تبیین نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در دانش‌آموزان دختر: یک مطالعه نیمه‌آزمایشی با رویکرد تحلیل مسیر. *مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی*، ۱۹(۱)، ۳۴۳–۳۷۸. https://doi.org/10.48308/mpes.2026.240847.1618

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی
بهار و تابستان ۱۴۰۵
دوره ۱۹، شماره ۱ (پیاپی ۳۶)
صفحات: ۳۴۳-۳۷۸
DOI: 10.48308/mpes.2026.240847.1618
ISSN: 2423-5261
E-ISSN: 2538-6344
دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۰۴ بازنگری مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۰۷
پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۲۸ چاپ مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۰۱

استراتژی‌های ارزشیابی تعاملی و کاربردی در محیط‌های آموزشی، به‌ویژه مجازی، تأکید دارد که هدف آن‌ها کاهش عوامل بازدارنده روانی و ارتقاء همزمان یادگیری است. پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران آموزشی به جنبه‌های عاطفی مانند اضطراب ریاضی در کنار جنبه‌های شناختی توجه ویژه داشته و استفاده از فناوری‌های نوین ارزشیابی را جهت بهبود همزمان پیامدهای روان‌شناختی و تحصیلی دانش‌آموزان جدی بگیرند.

**کلید واژه‌ها:** اضطراب ریاضی، آموزش الکترونیکی، ارزشیابی، پروتکل، پیشرفت تحصیلی.

پاسبان خمری، خدیجه، ربیعی، محمد رضا، شاهورانی سمنانی، احمد و رستمی مال خلیفه، محسن. (۱۴۰۵). تأثیر پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر پیشرفت تحصیلی با تبیین نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در دانش‌آموزان دختر: یک مطالعه نیمه‌آزمایشی با رویکرد تحلیل مسیر. *مدیریت و برنامه‌ریزی در نظام‌های آموزشی*، ۱۹(۱)، ۳۴۳–۳۷۸. https://doi.org/10.48308/mpes.2026.240847.1618

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

**مقدمه**

همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ و انتقال ناگهانی از آموزش حضوری به آموزش برخط، چالش‌های متعددی را برای نظام‌های آموزشی در سراسر جهان ایجاد کرد و ضرورت بازنگری در شیوه‌های سنتی را دوچندان ساخت. این تغییر رویکرد ناگهانی، منجر به ظهور و گسترش گسترده روش‌های نوین آموزشی از جمله آموزش مجازی، آموزش الکترونیکی، آموزش از راه دور و آموزش مبتنی بر وب گردید. در این راستا، فناوری اطلاعات و ارتباطات[1] (ICT) به‌طور وسیعی به‌کار گرفته شد که تحولاتی بنیادین در مفاهیم مواد آموزشی، نقش معلم، روش‌های تدریس و تعاملات تربیتی ایجاد کرده است (سراجی و عطاران، ۱۳۹۰). فناوری با فراهم آوردن بستری برای آموزش یادگیرنده‌محور، به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مهارت‌های خود را توسعه داده و به سمت یادگیری مادام‌العمر حرکت کنند (لی، لوند و نوردستین[2]، ۲۰۲۳). آموزش مجازی به‌عنوان نقطه تلاقی فناوری و آموزش (رجبیان‌ده‌ریز و صادق‌زاده، ۱۳۹۵)، الگوی جدیدی را پدید آورده که امکان یادگیری را در هر زمینه، برای هر فرد، در هر زمان و هر مکان فراهم می‌سازد (خان[3]، ۲۰۰۴). به‌طور کلی، یادگیری الکترونیکی شامل مجموعه‌ای از روش‌ها برای طراحی، توسعه، ارائه و ارزشیابی است که از قابلیت‌های الکترونیکی برای تسهیل و عمق بخشیدن به فرآیند یادگیری بهره می‌برد (مور و کرسلی[4]، ۲۰۱۲).

تغییر در الگوهای برنامه‌درسی، به‌ویژه در بخش ارزشیابی تحصیلی، یکی از عناصر حیاتی در نظام آموزشی برای بهبود عملکرد دانش‌آموزان محسوب می‌شود (چاو و چنگ[5]، ۲۰۱۰). ارزشیابی، فرآیندی نظام‌مند برای جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات به‌منظور سنجش میزان یادگیری است که می‌تواند به دو صورت تکوینی (در طول فرآیند یادگیری برای ارائه بازخورد) و تراکمی (در پایان دوره برای سنجش نهایی) انجام شود (سیف، ۱۳۹۷). ارزشیابی نه به معنای پایان فرآیند آموزش، بلکه بخشی جدایی‌ناپذیر از آن است که با شناسایی نقاط قوت و ضعف، امکان اصلاح و بهبود کیفیت آموزش را فراهم می‌سازد (درویشی قزانچی، نیک‌پی و گرایی، ۱۴۰۱). در محیط‌های مجازی، به دلیل نبود روش واحد، ابزارهای متنوعی مانند آزمون‌های الکترونیکی، پوشه کار (پورتفولیو) دیجیتال، پروژه‌های برخط و بحث‌های گروهی به‌کار گرفته می‌شوند (عباسی‌کسانی، شمس مورکانی، سراجی و رضایی‌زاده، ۱۴۰۰). پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که دست‌کم ۲۴ ابزار مختلف برای ارزشیابی در یادگیری الکترونیکی وجود دارد که در دو دسته همزمان و ناهمزمان قرار می‌گیرند؛ لذا معلمان باید با اتخاذ رویکرد «ارزشیابی برای یادگیری»، از روش‌های متنوع برای افزایش اعتبار سنجش و بهبود کیفیت یادگیری استفاده کنند (عباسی کسانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ اصل مرز، ۱۳۹۱).

هدف غایی تمامی این ساختارهای آموزشی و ارزشیابی، تحقق پیشرفت تحصیلی است. پیشرفت تحصیلی به معنای موفقیت دانش‌آموزان در یادگیری مؤثر مطالب درسی است و در نقطه مقابل افت تحصیلی قرار می‌گیرد (سیف، ۱۳۹۸). این متغیر نه تنها شاخصی حیاتی برای ارزیابی نظام آموزشی است (فرامرزی، بهروزی و فرزادی، ۱۳۹۴)، بلکه به‌عنوان معیاری برای سنجش عملکرد معلمان نیز نگریسته می‌شود. استفاده از روش‌های ارزشیابی مناسب می‌تواند به دانش‌آموزان کمک کند تا توانایی‌های لازم برای یادگیری مستمر را کسب کرده و با شناسایی نقاط ضعف خود، برای بهبود آن‌ها تلاش کنند (کریمی، نصر

1. Information & communications technology
2. Li, Lund & Nordsteien
3. Khan
4. Moore & Kearsley
5. Chau & Cheng

و بقراطیان، ۱۳۸۸). موفقیت در دروس تخصصی مانند ریاضیات، علاوه بر کیفیت آموزش و منابع درسی، به ویژگی‌های فردی یادگیرنده از جمله نگرش، عزت‌نفس و عادات یادگیری نیز وابسته است؛ بنابراین شناسایی و مدیریت عوامل عاطفی مرتبط با این درس می‌تواند مستقیماً بر عملکرد تحصیلی تأثیر بگذارد (حمید، ۱۳۸۵).

با وجود اهمیت پیشرفت تحصیلی، عوامل عاطفی و هیجانی متعددی می‌توانند این روند را با چالش مواجه کنند که در صدر آن‌ها «اضطراب» قرار دارد. اضطراب در محیط‌های آموزشی غالباً به شکل اضطراب امتحان و عملکرد بروز می‌کند که در این میان، اضطراب ریاضی[1] یکی از شایع‌ترین آن‌هاست (اناری‌نژاد، جشن سده و ظهوری مهریزی، ۱۴۰۱). منظور از اضطراب ریاضی، نوعی تنش و ترس است که فرد در مواجهه با مسأله، معلم یا امتحان ریاضی احساس می‌کند و منجر به کاهش اعتمادبه‌نفس می‌شود (آرنوس و پرکیلا[2]، ۲۰۱۲). تحقیقات نشان داده‌اند که این نوع اضطراب رابطه معکوسی با عملکرد ریاضی دارد؛ به این معنی که افزایش احساسات منفی در مواجهه با تکالیف ریاضی، مستقیماً باعث افت توانایی‌ها و عملکرد دانش‌آموزان می‌گردد (موتلو[3]، ۲۰۱۹؛ جینگ، ژائو و کنگ[4]، ۲۰۱۹). عوامل متعددی در ایجاد این اضطراب نقش دارند که از آن جمله می‌توان به محیط، فرهنگ، سیستم آموزشی، تجربیات منفی گذشته، فشارهای تحصیلی و انتظارات بالای والدین و معلمان اشاره کرد (روزگونجوک، کراو، میکور اوراو-بوراند و تاهت[5] ۲۰۲۰، لوتنبرگر، ویمر و پچتر[6]،۲۰۱۸ ).

ارتباط میان روش‌های ارزشیابی و اضطراب ریاضی در محیط‌های مجازی پیچیدگی‌های خاصی دارد. انتقال ناگهانی به آموزش برخط، نگرانی‌هایی را در مورد افزایش اضطراب ریاضی برانگیخته است (چوآنگ، سانتوس و گارسیا[7]، ۲۰۲۴). عواملی مانند تعاملات محدود یادگیری، ارزیابی‌های برخط بدون بازخورد سازنده و عادات یادگیری نامناسب در فضای مجازی می‌توانند به این اضطراب دامن بزنند (لویس[8]، ۲۰۲۰؛ الن و والی-تورانژو[9]، ۲۰۱۶؛ چن، هسو و چن[10]، ۲۰۱۳). از سوی دیگر، استفاده از پروتکل‌های ارزشیابی کاربردی و تعاملی مانند پروژه‌های گروهی و فعالیت‌های عملی، می‌تواند با مشارکت فعال دانش‌آموزان و ارائه بازخوردهای مثبت، از سطح این اضطراب بکاهد و مسیر را برای پیشرفت تحصیلی هموار کند.

با توجه به آن‌چه بیان شد، ارزشیابی در ریاضیات نقشی دوگانه ایفا می‌کند؛ از یک سو می‌تواند عامل تولید فشار و اضطراب باشد و از سوی دیگر، در صورت استفاده از استراتژی‌های آموزشی و پروتکل‌های ارزشیابی کارآمد، می‌تواند ابزاری برای کاهش اضطراب و بهبود پیشرفت تحصیلی باشد. با این‌حال، تأثیر همزمان پروتکل‌های ارزشیابی الکترونیکی بر پیشرفت تحصیلی با در نظر گرفتن نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی، به‌ویژه در مقطع متوسطه، نیازمند بررسی‌های تجربی بیشتری است. با توجه به موارد فوق و شکاف‌های پژوهشی شناسایی شده، پژوهش حاضر با هدف اصلی بررسی تأثیر پروتکل ارزشیابی الکترونیکی

1. Math Anxiety
2. Aarnos & Perkkila
3. Mutlu
4. Zhang, Zhao & Kong
5. Rozgonjuk, Kraav, Mikkor, Orav-Puurand & Taht
6. Luttenberger, Wimmer & Paechter
7. Chuang, Santos & Garcia
8. Lewis
9. Allen & Vallée-Tourangeau
10. Chen, Hsu & Chen

بر پیشرفت تحصیلی با تبیین نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در دانش‌آموزان دختر طراحی و اجرا شده است.

به‌طور خاص، اهداف فرعی این پژوهش عبارت‌اند از:

- تعیین اثربخشی پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دختر.
- بررسی تأثیر پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر اضطراب ریاضی دانش‌آموزان دختر.
- تبیین نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در رابطه بین پروتکل ارزشیابی الکترونیکی و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دختر.

بر این اساس، سوالات اصلی پژوهش به شرح ذیل تدوین شدند:

- آیا پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دختر تأثیر معناداری دارد؟
- آیا پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر اضطراب ریاضی دانش‌آموزان دختر تأثیر معناداری دارد؟
- آیا اضطراب ریاضی نقش واسطه‌ای در رابطه بین پروتکل ارزشیابی الکترونیکی و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دختر ایفا می‌کند؟

## مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پژوهش‌های اخیر بر اثربخشی ارزشیابی الکترونیکی در کاهش اضطراب امتحان دانش‌آموزان تأکید دارند. برای مثال، مطالعه‌ای که توسط موسوی، پاکزاد و صفدری (۱۳۹۶) انجام شده، نشان داد که ارزشیابی الکترونیکی می‌تواند به‌طور مؤثری میزان اضطراب امتحان را در دانش‌آموزان مقطع متوسطه دوم کاهش دهد. این روش نه‌تنها به‌عنوان یک استراتژی مؤثر برای کاهش اضطراب قبل از امتحان شناخته شده، بلکه به عاملی قابل اعتماد در بهبود کارایی تحصیلی دانش‌آموزان تبدیل شده‌است. هم‌چنین، استوول و بنت[1] (۲۰۱۰) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که دانش‌آموزانی که به‌طور معمول سطوح بالاتری از اضطراب امتحان را در کلاس درس تجربه می‌کنند، با شرکت در امتحانات برخط اضطراب‌شان کاهش می‌یابد. در مقابل، این موضوع برای دانش‌آموزانی که اضطراب امتحان پایینی در کلاس درس دارند، صادق نیست. آقورن لویی و علیجانی علیجانوند (۱۳۹۸) در پژوهش خود متوجه شدند که آزمون‌های الکترونیکی برون‌خط، به‌طرز مؤثری اضطراب امتحان دانش‌آموزان پسر پایه ششم ابتدایی را کاهش داده و به بهبود عملکرد آن‌ها در فرایند آزمون کمک می‌کند. این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت و کارآمدی ارزشیابی‌های الکترونیکی به‌عنوان ابزارهایی است که می‌توانند به بهبود وضعیت روانی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان کمک شایانی نمایند. هم‌چنین پژوهش شوارتر، ورثا و گرجتسن[2] (۲۰۲۲) نشان داد، ارائه بازخورد توضیحی و سازنده (و نه فقط نمره) در ارزشیابی، نقش کلیدی در بهبود عملکرد و کاهش اضطراب دانش‌آموزان دارد.

علاوه بر این، تحقیقات اخیر بر اهمیت استراتژی‌های آموزشی در بهبود یادگیری و کاهش اضطراب ریاضی دانش‌آموزان تمرکز دارند. فراتحلیلی توسط اوزتوپ[3] (۲۰۲۳) با بررسی ۱۳ مطالعه در زمینه اثربخشی استفاده از فناوری دیجیتال در آموزش ریاضی بر کاهش اضطراب ریاضی نشان داد که استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند به‌طور متوسط به کاهش اضطراب ریاضی دانش‌آموزان کمک کند و بنابراین ابزارهای دیجیتال به‌عنوان مکمل‌های مفیدی در تدریس ریاضی معرفی می‌شوند. پژوهش دیگری که توسط نیایی، ایمان‌زاده و واحدی (۱۳۹۹) انجام شد، تأثیر تدریس معکوس را بر کاهش اضطراب ریاضی و بهبود عملکرد دانش‌آموزان پایه پنجم ابتدایی مورد بررسی قرار داد. نتایج این مطالعه نشان داد که ابعاد مختلف اضطراب ریاضی، از جمله اضطراب یادگیری، اضطراب حل مسئله، اضطراب نسبت به معلم ریاضی و اضطراب ارزیابی ریاضی، در دانش‌آموزانی که از روش تدریس معکوس بهره‌برداری کردند، به‌طور قابل‌توجهی کاهش

1. Stowell & Bennett
2. Schwerter, Wortha & Gerjets
3. Öztop

یافته است. هم‌چنین، عملکرد ریاضی این دانش‌آموزان نسبت به گروهی که در کلاس‌های سنتی آموزش دیده بودند، بهبود یافته است. تحقیقات مجید و حسین[1] (۲۰۲۱) و زارعی زوارکی و رضایی (۱۳۹۰) نیز نشان‌دهنده تأثیر مثبت استراتژی یادگیری معکوس بر پیشرفت تحصیلی و نگرش دانش‌آموزان نسبت به یادگیری است. پژوهش یافتیان و عبدی (۱۴۰۰) نشان داد بازی‌وارسازی راهبردی مؤثر برای کاهش اضطراب و افزایش انگیزه در یادگیری ریاضی است. هم‌چنین دوندیو، گوسف و روچا[2] (۲۰۲۳) در اولین فراتحلیل خود، به بررسی تأثیر بازی‌ها بر کاهش اضطراب ریاضی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که مداخلات طولانی‌تر و بازی‌هایی که تعاملات مشارکتی و اجتماعی را ترویج می‌کردند، اثربخشی بیشتری در کاهش اضطراب ریاضی داشتند. علاوه بر این، فریدون‌نژاد (۱۴۰۲) با معرفی یک الگوی تدریس مدیریت آموزشی، اثربخشی این الگو را نسبت به روش‌های سنتی در یادگیری و کاهش اضطراب ریاضی دانش‌آموزان تأیید کرده است. ضمناً، مطالعاتی که توسط بدلی، سراجی، مهربان و زیباپرچم (۱۳۹۳) انجام شده، نشان داد که کارپوشه الکترونیکی می‌تواند به‌طرز مؤثری به کاهش اضطراب امتحان و افزایش عزت نفس دانشجویان کمک کند. از سوی دیگر، پژوهش هونگ، هونگ و هوانگ[3] (۲۰۱۴) بر این نکته تأکید دارد که مدل یادگیری کتاب الکترونیکی مبتنی بر بازی قادر است پیشرفت یادگیری، خودکارآمدی و انگیزه ریاضی دانش‌آموزان را افزایش دهد، هرچند که در این تحقیق تفاوت معنی‌داری بین سطوح اضطراب ریاضی گروه‌های آزمایش و کنترل مشاهده نشده است. هم‌چنین پژوهش آلبایراک[4] (۲۰۲۴) نشان داد طراحی محیط آزمون الکترونیکی (عوامل فنی و بصری) به‌طور مستقیم بر موفقیت تحصیلی و مدیریت اضطراب دانش‌آموزان مؤثر است. چوانگ و همکاران[5] (۲۰۲۴) پس از بررسی چگونگی ادراک دانش‌آموزان دوره متوسطه از اضطراب ریاضی خود هنگام انتقال به محیط یادگیری برخط تأکید کردند که معلمان باید استراتژی‌های یادگیری متفاوتی را برای کمک به دانش‌آموزان جهت یادگیری مؤثرتر و کاهش اضطراب در محیط برخط به‌کار گیرند. پژوهش اربابی (۱۴۰۱) نیز نشان داد که به‌کارگیری راهبردهای سنجش تکوینی در یادگیری الکترونیکی اثر مثبتی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دارد.

به‌طور کلی، نتایج این تحقیقات به خوبی نشان می‌دهد که استفاده از استراتژی‌های آموزشی نوین و تکنولوژی در یادگیری می‌تواند تأثیر بسزایی بر کاهش اضطراب ریاضی و بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان داشته باشد. این یافته‌ها ضرورت توجه بیشتر به این نوع روش‌های آموزشی را در راستای بهبود سلامت روانی و تحصیلی دانش‌آموزان نمایان می‌سازد.

سنجش الکترونیکی به‌عنوان فرآیندی خاص در بستر یادگیری الکترونیکی، از بسیاری از اصول و یافته‌های موجود در سنجش و ارزشیابی پیشرفت تحصیلی متداول بهره می‌برد. با این حال، برای بهره‌برداری کامل از پتانسیل آن، مدرسان باید بدانند که چگونه سنجش را با تدریس و یادگیری ادغام کنند تا به بهبود یادگیری و تحقق هدف‌های آموزشی منجر شود (حاتمی، رضایی و مالکی، ۱۴۰۱). در همین راستا، توجه به ابعاد روان‌شناختی یادگیرندگان، به‌ویژه اضطراب ریاضی، از اهمیت بسزایی برخوردار است. اضطراب ریاضی نه تنها مانع از یادگیری مؤثر می‌شود، بلکه به شکل‌گیری یک چرخه معیوب از شکست و افزایش اضطراب منجر می‌گردد. با شیوع جهانی کووید-۱۹ و تغییر ناگهانی الگوی آموزش از حضوری به الکترونیکی، چالش‌های مرتبط با یادگیری و ارزشیابی ریاضی به مراتب پیچیده‌تر شد. عدم آشنایی کافی با ابزارهای نوین، محدودیت‌های ارتباطی، و به‌ویژه تغییر در شیوه‌های ارزشیابی، می‌تواند به تشدید اضطراب ریاضی در محیط‌های مجازی دامن زند. سیستم‌های ارزشیابی سنتی که عمدتاً بر سنجش صرف

1. Majeed & Hussain
2. Dondio, Gusev & Rocha
3. Hung, Huang & Hwang
4. Albayrak
5. Chuang

نتایج تمرکز دارند، اغلب به ابعاد روان‌شناختی یادگیرنده توجه کافی نمی‌کنند و می‌توانند به‌جای تقویت یادگیری، منبع اصلی فشار و اضطراب باشند. در این رو، طراحی و پیاده‌سازی پروتکل‌های ارزشیابی نوین که نه تنها با ماهیت آموزش الکترونیکی همخوانی داشته باشند، بلکه جنبه‌های روان‌شناختی یادگیرنده را نیز مد نظر قرار دهند، از اهمیت حیاتی برخوردار است.

با توجه به خلأ موجود در رویکردهای ارزشیابی ریاضی در بستر آموزش الکترونیکی و نیاز مبرم به راهکارهایی برای کاهش اضطراب ناشی از آن، پژوهش حاضر با اتکا به تجربیات معلمان در دوران بحران کرونا، هدف دوگانه و مرتبطی را دنبال می‌کند: نخست، تدوین پروتکلی جامع و کاربردی برای ارزشیابی آموزش الکترونیکی ریاضی در مقطع متوسطه، که براساس اصول روان‌سنجی و پداگوژی آموزش مجازی بنا شده باشد. دوم، و مهم‌تر آن‌که، این پژوهش به بررسی تأثیر پروتکل ارزشیابی الکترونیکی تدوین شده بر پیشرفت تحصیلی و اضطراب ریاضی دانش‌آموزان دختر مقطع متوسطه اول می‌پردازد. در این راستا، بررسی نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در رابطه بین پروتکل ارزشیابی الکترونیکی و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان، هسته اصلی این تحقیق را تشکیل می‌دهد. با وجود پژوهش‌های متعدد در حوزه یادگیری الکترونیکی، اضطراب و ارزشیابی، مطالعات محدودی به بررسی جامع و سیستمی تأثیر ارزشیابی ریاضی در محیط الکترونیکی بر اضطراب ریاضی و متعاقباً بر پیشرفت تحصیلی، با در نظر گرفتن مکانیسم‌های زیربنایی این رابطه، پرداخته‌اند.

این پژوهش می‌تواند به پر کردن شکاف‌های موجود در دانش فعلی کمک کرده و راهکارهای عملی و مبتنی بر شواهد برای ارتقاء کیفیت تدریس و ارزشیابی ریاضی در فضای مجازی ارائه کند. با توجه به چالش‌های موجود در نگرش و تجربه دانش‌آموزان نسبت به ریاضی، به‌خصوص در شرایط اضطراب‌زا، این تحقیق نه‌تنها به درک بهتری از تأثیر سنجش الکترونیکی بر کاهش اضطراب یادگیری کمک می‌کند، بلکه با تبیین نقش واسطه‌ای اضطراب، یک الگوی روشن و قابل‌تکثیر برای معلمان و سیستم‌های آموزشی در راستای بهبود فرآیند یاددهی-یادگیری ریاضی ارائه می‌دهد. در عصری که آموزش الکترونیکی به سرعت در حال گسترش است، چنین تحقیقاتی نقشی حیاتی در شکل‌دهی به روش‌های سنجش و ارزشیابی متناسب با نیازهای نوین آموزشی ایفا می‌کند، به‌گونه‌ای که دانش‌آموزان بتوانند در محیط‌هایی یاد بگیرند که نه تنها به یادگیری مطالب علمی کمک کند، بلکه اضطراب و نگرانی‌های ناشی از فرآیندهای ارزشیابی را نیز به حداقل برساند. در نتیجه، این پژوهش می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی جامع برای ارتقاء بهبود یادگیری ریاضی و سلامت روان‌شناختی دانش‌آموزان در عصر دیجیتال عمل کند.

## روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. هدف اصلی این مطالعه، بررسی تأثیر علی پروتکل ارزشیابی الکترونیکی طراحی‌شده بر اضطراب ریاضی و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دختر مقطع متوسطه اول، و هم‌چنین تبیین مکانیسم این تأثیر از طریق نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در رابطه بین پروتکل ارزشیابی الکترونیکی و پیشرفت تحصیلی در استان گلستان بود. این مطالعه در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد.

جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه دانش‌آموزان دختر مقطع متوسطه اول استان گلستان به تعداد ۴۳۰۳۹ نفر می‌باشد. با توجه به ادبیات پژوهشی که سطوح بالاتر اضطراب ریاضی و الگوهای عاطفی متفاوت در مواجهه با ارزشیابی را در دختران گزارش می‌کند (مانند دیواین، فاوست، شوچس و داوکر[1]، ۲۰۱۲)، و به‌منظور کنترل واریانس مزاحم ناشی از تفاوت‌های جنسیتی و همگن‌سازی نمونه برای افزایش دقت در بررسی اثر پروتکل مداخله‌ای، دانش‌آموزان دختر به‌عنوان جامعه پژوهش انتخاب شدند. به دلیل ماهیت مداخله‌ای پژوهش و تمرکز بر بررسی نقش واسطه‌ای اضطراب در رابطه بین پروتکل مداخله‌ای

1. Devine, Fawcett, Szűcs & Dowker

و پیشرفت تحصیلی، از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای استفاده شد. جزئیات فرایند گام به گام نمونه‌گیری، از جامعه آماری تا انتخاب نهایی دانش‌آموزان و واحدهای مداخله (دبیران و کلاس‌ها)، در جدول ۱ ارائه شده است.

***جدول ۱. فرایند نمونه‌گیری و توزیع نمونه در پژوهش حاضر***

| مرحله نمونه‌گیری | جزئیات فرایند | نتایج و تعداد (واحد/نمونه) | توضیحات تکمیلی (جهت داور و شفافیت) |
|---|---|---|---|
| مرحله۱: تعیین جامعه آماری | کلیه دانش‌آموزان دختر مقطع متوسطه اول استان گلستان | ۳۰۳۹ نفر (دانش‌آموز) | جامعه هدف پژوهش با تمرکز بر گروه جنسیتی و مقطع تحصیلی مشخص شده است. |
| مرحله۲: نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای (مدارس و دبیران) | ۲،۱. انتخاب مدارس و دبیران: انتخاب اولیه براساس دسترسی و تمایل به همکاری.<br>انتخاب ۴ دبیر ریاضی علاقه‌مند و آموزش‌دیده که در کارگاه‌های آموزشی متعدد شرکت کردند.<br>۲،۲. انتخاب کلاس‌ها (خوشه‌ها): تعیین ۷ کلاس درس (۳ کلاس هفتم، ۱ کلاس هشتم، ۳ کلاس نهم) از مدارس منتخب.<br>توزیع کلاس‌ها به‌گونه‌ای که:<br>- ۳ دبیر، هر کدام در دو پایه مختلف تدریس داشتند.<br>- ۱ دبیر، تنها در یک پایه تدریس داشت.<br>(هدف: کاهش مشکلات اجرایی، اطمینان از اجرای یکنواخت پروتکل) | ۴ دبیر (واحد آموزش دهنده)<br>۷ کلاس درس (واحد خوشه‌ای)<br>۲۵۴ دانش‌آموز (نمونه اولیه مورد انتظار در کلاس‌ها) | این مرحله بیانگر گام‌های اولیه نمونه‌گیری خوشه‌ای و سازوکار انتخاب واحدهای آموزشی و اجرای مداخله است که براساس ملاحظات عملیاتی و کنترلی صورت پذیرفته است. |
| مرحله۳: انتخاب و غربال‌گری دانش‌آموزان (نمونه اولیه) | ۳،۱. انتخاب دانش‌آموزان داوطلب: انتخاب دانش‌آموزان داوطلب از ۷ کلاس تعیین شده که تمایل به شرکت در تمامی مراحل پژوهش (تکمیل پرسشنامه‌ها و پیگیری نمرات) داشتند.<br>(هدف: دستیابی به داده‌های کافی برای تحلیل مدل واسطه‌ای و تنوع در سطوح اضطراب و عملکرد تحصیلی).<br>۳،۲. همگنی و ویژگی‌های نمونه: تلاش برای حفظ همگنی نسبی بین گروه‌های آزمایش و کنترل از نظر نوع مدرسه (تیزهوشان، شاهد، عادی) و ویژگی‌های کلیدی مرتبط با متغیرهای پژوهش. | ۲۵۴ دانش‌آموز (نمونه اولیه پس از انتخاب داوطلبان) | این تعداد، دانش‌آموزانی را شامل می‌شود که در ابتدا برای جمع‌آوری داده‌ها (پیش‌آزمون) انتخاب شدند. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| مرحله۴: غربال‌گری نهایی و تعیین نمونه آماری | ۴،۱. فرایند آماده‌سازی و کنترل کیفیت داده‌ها: بررسی و حذف داده‌های ناقص، ناسازگار یا نامعتبر (مثلاً عدم تکمیل پرسشنامه‌ها، غیبت در آزمون‌ها). اطمینان از کیفیت و همگنی نهایی داده‌ها برای تحلیل‌های آماری پیشرفته.<br><br>۴،۲. تعیین نمونه نهایی: پس از غربال‌گری، تعداد نهایی دانش‌آموزان برای تحلیل‌های آماری تعیین گردید. | ۲۴۶ دانش‌آموز (نمونه نهایی برای تحلیل) | کاهش ۸ دانش‌آموز (از ۲۵۴ به ۲۴۶) به دلیل ملاحظات کیفیت داده و احراز شرایط لازم برای تحلیل آماری بوده است. تفکیک نهایی این تعداد در گروه‌ها (آزمایش و کنترل) در جدول 2 ارائه شده است. |

انتخاب حجم نمونه و توزیع آن در گروه‌های آزمایش و کنترل و هم‌چنین در پایه‌های تحصیلی مختلف، با هدف حصول توان آماری کافی برای تحلیل مدل واسطه‌ای و بهینه‌سازی فرآیند جمع‌آوری داده در شرایط میدانی صورت گرفت. به‌عبارت دیگر، تعداد نمونه در هر سلول (ترکیب پایه تحصیلی و گروه) براساس امکان‌سنجی اجرایی شامل دسترسی به دانش‌آموزان داوطلب برای شرکت در تمامی مراحل پژوهش (شامل تکمیل پرسشنامه‌های اضطراب و پیگیری نمرات تحصیلی) و هماهنگی با مدارس و دبیران، نیازهای تحلیل واسطه‌ای به‌منظور لزوم جمع‌آوری داده از نمونه‌هایی با تنوع کافی در سطوح اضطراب و عملکرد تحصیلی برای مدل‌سازی واسطه‌ای تعیین گردید. هم‌چنین تلاش شد تا در انتخاب دانش‌آموزان و کلاس‌ها، همگنی نسبی بین گروه‌های آزمایش و کنترل از نظر نوع مدرسه (مدارس دولتی، شاهد و تیزهوشان) و سایر ویژگی‌های کلیدی مرتبط با متغیرهای پژوهش حفظ شود.

در راستای اجرای فرایند نمونه‌گیری و با در نظر گرفتن ملاحظات عملیاتی و همکاری‌های میدانی، نمونه‌ای متشکل از ۲۵۴ دانش‌آموز دختر جهت جمع‌آوری اولیه داده‌ها انتخاب شد. از این تعداد، ۸ نفر به دلایل مختلف (عدم تکمیل پرسشنامه‌ها، غیبت طولانی‌مدت یا انتقال) از پژوهش خارج شدند و داده‌های نهایی ۲۴۶ دانش‌آموز (۱۶۷ نفر در گروه آزمایش و ۷۹ نفر در گروه کنترل) برای تحلیل استفاده گردید. این تعداد برای تحلیل‌های کوواریانس و مدل‌سازی واسطه‌ای کافی تشخیص داده شد.

*نحوه انتخاب و تخصیص گروه‌ها*

فرآیند انتخاب و تخصیص دانش‌آموزان به گروه‌های آزمایش و کنترل با در نظر گرفتن ملاحظات طرح نیمه‌آزمایشی و محدودیت‌های عملیاتی در محیط‌های آموزشی واقعی انجام شد.

گروه آزمایش: برای اجرای مداخله، ۴ دبیر ریاضی مجرب و علاقه‌مند، که در کارگاه‌های آموزشی متعدد مرتبط با پروتکل ارزشیابی الکترونیکی طراحی‌شده شرکت کرده و به‌طور کامل با فلسفه و روش‌های آن آشنا شده بودند، انتخاب گردیدند. این دبیران، که از انگیزه و توانایی لازم برای پیاده‌سازی دقیق پروتکل برخوردار بودند، مسئولیت تدریس در مجموع ۷ کلاس را بر عهده داشتند (۳ کلاس پایه هفتم، ۱ کلاس پایه هشتم و ۳ کلاس پایه نهم). این کلاس‌ها به‌عنوان واحدهای مداخله‌ای گروه آزمایش در نظر گرفته شدند و دانش‌آموزان آن‌ها، تحت تأثیر پروتکل ارزشیابی الکترونیکی قرار گرفتند.

گروه کنترل: انتخاب گروه کنترل با هدف فراهم آوردن یک گروه مقایسه معتبر صورت گرفت. کلاس‌ها و دبیران گروه کنترل به‌گونه‌ای انتخاب شدند که کاملاً مستقل از دبیران و کلاس‌های گروه آزمایش بودند. این استقلال کامل برای جلوگیری از آلودگی یا اثرات هاله‌ی احتمالی ضروری بود؛ به این معنا که دبیران و دانش‌آموزان گروه کنترل هیچ‌گونه اطلاعی از پروژه پژوهشی و پروتکل مداخله‌ای نداشتند. برای انتخاب کلاس‌های گروه کنترل، با همکاری و مشورت همین ۴ دبیر همکار در پروژه، کلاس‌هایی از مدارس دیگر با شرایط مشابه، در سه پایه تحصیلی (۲ کلاس پایه هفتم، ۲ کلاس پایه هشتم و ۲ کلاس پایه نهم) به صورت تصادفی ساده از میان فهرست مدارس دولتی، شاهد و تیزهوشان شهر انتخاب شدند. این انتخاب

تصادفی در سطح کلاس، به حفظ توازن اولیه گروه‌ها از نظر نوع مدرسه (به عنوان یک متغیر کنترل مهم) با گروه آزمایش کمک کرده و قابلیت مقایسه گروه‌ها را افزایش داد.

پس از انجام پیش‌آزمون و مداخله، و در مرحله پس‌آزمون، داده‌های جمع‌آوری شده مورد غربال‌گری دقیق قرار گرفتند. این فرآیند شامل حذف داده‌های ناقص یا دانش‌آموزانی بود که به هر دلیلی در تمامی مراحل پژوهش (اعم از شرکت در پیش‌آزمون، مداخله و پس‌آزمون) همکاری لازم را نداشتند. در نهایت، داده‌های ۲۴۶ دانش‌آموز برای تحلیل‌های آماری مورد استفاده قرار گرفتند. توزیع دانش‌آموزان در گروه‌های آزمایش و کنترل به تفکیک پایه تحصیلی در جدول ۲ نشان داده شده است.

***جدول ۲. تعداد دانش‌آموزان نمونه مورد مطالعه در هر گروه به تفکیک پایه تحصیلی***

| پایه تحصیلی | تعداد دانش‌آموزان گروه آزمایش | تعداد دانش‌آموزان گروه کنترل |
|---|---|---|
| هفتم | ۷۳ | ۱۳ |
| هشتم | ۱۹ | ۳۹ |
| نهم | ۷۵ | ۲۷ |
| کل | ۱۶۷ | ۷۹ |

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تفاوت‌هایی در تعداد دانش‌آموزان گروه‌های آزمایش و کنترل، به خصوص در تفکیک پایه‌های تحصیلی، وجود دارد. این عدم توازن، ناشی از ماهیت نیمه‌آزمایشی پژوهش و محدودیت‌های عملیاتی و میدانی در مدارس بوده است. در این طرح، به دلیل عدم امکان انتساب تصادفی کامل دانش‌آموزان به گروه‌ها (به دلیل حفظ ساختار طبیعی کلاس‌های درسی و عدم ایجاد اختلال در برنامه مدارس) و لزوم همکاری با دبیران منتخب و آموزش‌دیده، تخصیص کلاس‌ها به گروه‌های آزمایش و کنترل بر اساس برنامه درسی موجود و امکان‌سنجی اجرایی صورت پذیرفت که منجر به توزیع نامتوازن در برخی پایه‌ها گردید. هم‌چنین، در گروه کنترل، کاهش تعداد نهایی نمونه به دلیل عواملی نظیر عدم تکمیل کامل پرسشنامه‌ها یا عدم حضور در تمامی مراحل جمع‌آوری داده اتفاق افتاد.

*طراحی و اجرای پروتکل ارزشیابی آموزش الکترونیکی*

پروتکل ارزشیابی آموزش الکترونیکی مورد استفاده در این پژوهش، یک رویکرد ترکیبی است که از عناصر ارزشیابی عملکردی، مستمر و پایانی بهره می‌برد. این پروتکل با تکیه بر چارچوب نظری یادگیری فعال و مشارکتی و با هدف ارتقاء سطح یادگیری و تعامل دانش‌آموزان در محیط آموزش مجازی (سکوی[1] شاد) طراحی و پیاده‌سازی شده است. به‌منظور آماده‌سازی دبیران برای اجرای صحیح پروتکل، یک کارگاه آموزشی دو روزه برای ۴ نفر از دبیران شرکت‌کننده در پژوهش برگزار گردید. محتوای آموزشی کارگاه به شرح زیر بود:

*روز اول:*

- آشنایی با مبانی نظری و عملی ارزشیابی در آموزش ریاضی (مانند ارزشیابی تفکر ریاضی، ارزیابی درک مفهومی در مقابل دانش رویه‌ای، و سنجش توانایی حل مسئله).
- شناسایی فرصت‌ها و محدودیت‌های ابزارهای ارزشیابی برخط برای سنجش مهارت‌های عالی تفکر ریاضی.

1. Platform

- بررسی تفاوت‌ها و ارتباطات میان سنجش دانش رویه‌ای[1] و دانش مفهومی[2] در محیط مجازی و چگونگی طراحی تکالیف ارزشیابی که هر دو جنبه را دربرگیرد.
- ارائه مثال‌های کاربردی از تکالیف ارزشیابی ریاضی که بر فرایند حل مسئله و استدلال تأکید دارند، همراه با مناقشه و پرسش و پاسخ.

*روز دوم:*
- آموزش عملی استفاده از قابلیت‌های سکوی شاد برای پیاده‌سازی ارزشیابی‌های فرایندمحور در درس ریاضی (مانند ایجاد فرصت برای نمایش راه‌حل‌های گام به گام، تحلیل خطاهای مفهومی، و استفاده از ابزارهای کمکی برای رسم اشکال و نمودارهای ریاضی).
- نحوه ارائه بازخورد سازنده و تخصصی بر روی راه‌حل‌ها و استدلال‌های ریاضیاتی دانش‌آموزان با هدف تقویت درک آن‌ها از مفاهیم ریاضی و بهبود مهارت‌های حل مسئله.
- مدیریت ارزشیابی‌های گروهی با هدف تقویت گفتمان ریاضی و تعامل همتایان در فضای مجازی برای ساخت مشترک دانش ریاضی.
- پرسش و پاسخ در خصوص چالش‌های عملی اجرای پروتکل در آموزش ریاضی.

پس از اتمام کارگاه، دبیران با همکاری تیم پژوهش، محتوای آموزشی الکترونیکی درس ریاضی را براساس اصول پروتکل طراحی و تولید کردند. این محتوا شامل فیلم‌های آموزشی، تمرین‌ها و فعالیت‌های گروهی با تأکید بر مفاهیم و مهارت‌های خاص ریاضیاتی بود که در قالب فایل‌های متنی، تصویری و صوتی ارائه شد. هم‌چنین، یک شیوه‌نامه اجرایی تخصصی تدوین شد که جزئیات هر مؤلفه ارزشیابی (عملکردی، مستمر، پایانی) را به همراه معیارهای ارزیابی و روش‌های نمره‌دهی متناسب با پیچیدگی‌های یادگیری ریاضی (مانند ارزیابی کیفیت استدلال، صحت گام‌ها، خلاقیت در حل مسئله و عمق درک مفهومی) به‌طور شفاف توضیح می‌دهد.

*مؤلفه‌های پروتکل ارزشیابی*
پروتکل ارزشیابی الکترونیکی در گروه آزمایش، یک برنامه ۸ هفته‌ای (معادل یک نیم‌سال تحصیلی) بود که در بستر سامانه شاد و سکوهای مکمل اجرا شد. این پروتکل بر مبنای سه مؤلفه اصلی طراحی گردید که هدف آن‌ها نه تنها سنجش یادگیری، بلکه کاهش اضطراب ریاضی و تعمیق فهم مفاهیم از طریق رویکردهای نوین آموزشی و بازخوردهای سازنده بود.

۱- ارزشیابی عملکردی (۵۰٪): این بخش شامل فعالیت‌های زیر با معیارهای ارزیابی مشخص است:
- حضور و غیاب و ملاحظات اجتماعی (۵٪):
- جزئیات: حضور و غیاب دانش‌آموزان طریق سیستم حضور و غیاب سکو شاد ثبت می‌شد. علاوه بر این، رفتارهای اجتماعی مثبت آن‌ها در کلاس‌های مجازی (مانند احترام به نظرات دیگران و مشارکت فعالانه در بحث‌ها) توسط معلم ارزیابی می‌گردید.
- توضیح نقش در کاهش اضطراب: این مؤلفه با ایجاد فضایی امن و احترام‌آمیز، حس «تعلق» دانش‌آموزان به محیط آموزشی را تقویت کرده و از اضطراب ناشی از قضاوت شدن یا طرد اجتماعی می‌کاست.

تکالیف و تمرین‌ها (۱۰٪):
- جزئیات: ارزیابی پاسخ‌های نوشتاری و محاسباتی دانش‌آموزان به تمرین‌های ارائه شده و نیز خلاصه‌نویسی از مباحث کلاسی برای تثبیت یادگیری. نکته کلیدی اینجا در ماهیت «غنی‌شده» بودن این تکالیف بود.

1. Procedural Knowledge
2. Conceptual Knowledge

- مثال عینی و نقش در کاهش اضطراب: به‌جای تمرین‌های تکراری صرفاً کتاب‌محور، دانش‌آموزان با مسائل واقعی و چالش‌برانگیز مواجه می‌شدند. برای مثال، در مبحث هندسه (پایه نهم)، از دانش‌آموزان خواسته شد با استفاده از ابزارهای دیجیتال ساده (مانند دوربین گوشی یا نرم‌افزارهای اندازه‌گیری موجود در تلفن همراه)، مساحت و حجم اشیاء پیرامون خود (نظیر کمد، کتاب، اتاق یا حتی ظروف آشپزخانه) را محاسبه کرده و فرایند و نتایج محاسبات خود را در قالب یک فایل تصویری یا ویدیوی کوتاه در سکو بارگذاری نمایند. این رویکرد، «حافظه فعال» را درگیر حل مسئله عینی می‌کرد و با کاهش تمرکز بر جنبه‌های صرفاً نظری و انتزاعی، از افکار مزاحم و القاءکننده اضطراب (مانند ترس از اشتباه) می‌کاست.

*فعالیت‌های در حین تدریس (۱۵%):*

- جزئیات: ارزیابی مشارکت دانش‌آموزان در پرسش و پاسخ‌ها، نظرسنجی‌ها و اظهارات کلاسی به‌منظور سنجش درک مفاهیم، رفع اشکالات و ارزیابی اثربخشی روش تدریس.

- مثال عینی و نقش در کاهش اضطراب: در طول جلسات برخط، از آزمون‌های کوتاه تعاملی (مانند پرسش‌های کوتاه شفاهی یا نظرسنجی‌های سریع در سکو) استفاده شد. این آزمون‌ها با هدف تشخیص فوری بدفهمی‌ها و ارائه بازخورد آنی و تشریحی طراحی شده بودند. در صورت پاسخ اشتباه، به جای نمره منفی یا صرفاً اعلام پاسخ صحیح، معلم به صورت شفاهی یا نوشتاری، یا از طریق هدایت بحث میان همسالان، برای رسیدن به پاسخ درست ارائه می‌داد. برای مثال، در مبحث حل معادلات جبری، اگر دانش‌آموزی در مرحله انتقال جملات دچار اشتباه در علامت می‌شد، معلم با طرح سوالات هدایت‌کننده مانند «آیا وقتی عددی از یک طرف تساوی به طرف دیگر می‌رود، چیزی تغییر می‌کند؟» یا «چه کسی می‌تواند همکلاسی خود را راهنمایی کند؟» به دانش‌آموز کمک می‌کرد تا اشتباه خود را تشخیص داده و تصحیح نماید. این رویکرد، اضطراب ناشی از اشتباه را به شدت کاهش داده و با فراهم آوردن فرصت «یادگیری از اشتباه» در یک محیط حمایتی و تعاملی، به جای ترس از شکست، حس خودکارآمدی را تقویت می‌کرد.

*فعالیت‌های گروهی و مستمر (۲۰%):*

- ارزیابی مشارکت دانش‌آموزان در فعالیت‌های گروهی مانند حل مسائل گروهی، ارائه حل تمرین به صورت ویدئویی یا صوتی و آموزش همسالان. کیفیت کار گروهی، مشارکت اعضای گروه و اثربخشی آموزش همسالان با استفاده از چک‌لیست‌های از پیش تعیین شده توسط معلم ارزیابی می‌گردید.

- نقش در کاهش اضطراب: این فعالیت‌ها با تسهیل «ارزشیابی همسالان» و یادگیری مشارکتی، محیط رقابتی و استرس‌زا را به یک محیط حمایتی تبدیل می‌کرد. طبق «نظریه تعلق»، حس تعلق به یک گروه و مسئولیت‌پذیری در قبال موفقیت مشترک گروه، مستقیماً اضطراب اجتماعی و اضطراب عملکرد را تعدیل می‌کرد و دانش‌آموزان احساس امنیت روانی بیشتری برای طرح سوال و مشارکت داشتند.

۲- ارزشیابی مستمر و تکوینی (۲۰%): این مؤلفه بر ارزیابی مداوم و پیوسته یادگیری دانش‌آموزان در طول دوره آموزشی تمرکز داشت و با هدف ارائه بازخورد به موقع و جلوگیری از انباشت مشکلات طراحی شده بود:

*آزمونک‌های کوتاه‌مدت (۵%):*

- جزئیات: برگزاری آزمون‌های کوتاه (شامل سؤالات تستی و تشریحی کوتاه) در پایان هر مبحث با استفاده از سکو شاد یا سایر ابزارهای برخط. هدف از این آزمونک‌ها، ارائه بازخورد سریع به دانش‌آموزان به‌منظور تثبیت یادگیری، شناسایی نقاط ضعف و جلوگیری از مطالعه شب امتحانی، و هم‌چنین تشخیص مشکلات احتمالی در روش آموزشی است. معیار ارزیابی در این بخش، سنجش درک مفاهیم کلیدی، توانایی حل مسئله و به‌کارگیری دانش در موقعیت‌های مختلف بود.

- نقش در کاهش اضطراب: برگزاری مداوم آزمونک‌های کوتاه و کم‌اهمیت، از انباشته شدن اضطراب برای یک آزمون بزرگ جلوگیری می‌کرد و دانش‌آموزان می‌توانستند به صورت مستمر و بدون فشار زیاد، وضعیت یادگیری خود را ارزیابی کنند. بازخوردهای فوری نیز به آن‌ها کمک می‌کرد تا بلافاصله اشکالات خود را رفع کنند.

*ارزشیابی پایان بخش یا فصل (۱۵٪):*

- جزئیات: برگزاری آزمون‌های کتبی (با سؤالات کوتاه پاسخ و تشریحی) در پایان هر بخش یا فصل کتاب. هدف از این ارزشیابی، تثبیت یادگیری، شناسایی نقاط قوت و ضعف دانش‌آموزان در یادگیری مطالب، و ارزیابی درک عمیق‌تر مفاهیم کلیدی است.

۳- ارزشیابی پایانی (۳۰٪): این مؤلفه به‌منظور سنجش میزان یادگیری کلی دانش‌آموزان در پایان دوره تحصیلی انجام شد. بدین‌منظور، یک آزمون جامع کتبی و تشریحی (با تمرکز بر مفاهیم کلیدی و مهارت‌های اساسی) طراحی و اجرا گردید. این آزمون شامل سؤالاتی با سطوح دشواری متنوع بود و به ارزیابی عمق فهم دانش‌آموزان و کارایی روش‌های آموزشی به‌کار گرفته شده پرداخت. نتایج حاصل از این ارزشیابی، به‌عنوان یک معیار کلیدی در ارزیابی اثربخشی مداخله آموزشی در نظر گرفته شد.

هر مؤلفه با معیارهای ارزیابی مشخص و با توجه به اهداف آموزشی ارزیابی می‌شد. این پروتکل با هدف بهینه‌سازی فرآیند یادگیری و افزایش مشارکت فعالانه دانش‌آموزان در آموزش مجازی طراحی و اجرا گردید (جزئیات بیشتر در مورد معیارهای ارزیابی و وزن هر مؤلفه در جدول ۳ موجود است). این پروتکل به‌گونه‌ای طراحی شد که هم انواع روش‌های ارزشیابی را در بر گیرد و هم قابل اجرا در فضای مجازی و در سکو شاد و با صرف زمان معقول در کلاس درس باشد. وزن هر مؤلفه با توجه به اهمیت آن در روند آموزش تعیین شد (جدول۳). اجرای این پروتکل به دبیران کمک کرد تا با روش‌های مختلف ارزشیابی آشنا شوند و با ارائه بازخوردهای به موقع به دانش‌آموزان، به بهبود فرآیند یادگیری کمک شایانی کرد.

**ابزارهای اندازه‌گیری**

- پرسشنامه اضطراب ریاضی (MARS-R)[1]: این پرسشنامه شامل ۲۴ گویه است که به دو زیرمقیاس تقسیم می‌شود:

- اضطراب یادگیری ریاضی[2]: شامل ۱۶ گویه مربوط به اضطراب در فرایند یادگیری ریاضی و ارقام.
- اضطراب سنجش ریاضی[3]: شامل ۸ گویه مربوط به اضطراب در موقعیت‌های ارزشیابی و آزمون‌های ریاضی.

دانش‌آموزان پاسخ‌های خود را براساس یک طیف لیکرت ۵ درجه‌ای از "۱= اضطراب ناچیز" تا "۵= اضطراب زیاد" ارائه دادند. پلیک و پارکر[4] (۱۹۸۲) مقیاس تجدیدنظر شده اضطراب ریاضی را هنجاریابی کردند و ضریب آلفای ۰/۹۸ برای کل آزمون به‌دست آوردند که نشان‌دهنده پایایی بالای آن است. در مطالعات متعدد، روایی و پایایی این ابزار به تأیید رسیده است (مانند: آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ به نقل از برزگر بفرویی و همکاران، ۱۳۹۴). برزگر بفرویی و همکاران (۱۳۹۴) نیز ضرایب آلفای کرونباخ برای کل نمونه و خرده‌مقیاس‌ها را به ترتیب ۰/۹۲، ۰/۸۸ و ۰/۸۷ گزارش کرده‌اند. در پژوهش حاضر نیز، پایایی کلی

1. Mathematic Anxiety Rating Scale-Revised
2. Math Learning Anxiety
3. Math Test Anxiety
4. Plake & Parker

پرسشنامه و مؤلفه‌های آن از طریق آلفای کرونباخ (به ترتیب: ۰/۹۶، ۰/۹۲ و ۰/۹۴) مورد تأیید قرار گرفت

نمرات پیشرفت تحصیلی

- پیش‌آزمون: نمرات پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در نیم‌سال اول سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ (که شامل نمرات ریاضی کسب شده توسط دانش‌آموزان قبل از مداخله بود) جمع‌آوری شد.

- پس‌آزمون: نمرات پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پس از اتمام دوره مداخله، با استفاده از نمرات نیم‌سال دوم سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ جمع‌آوری شد. علاوه بر این، برای گروه آزمایش، یک نمره جامع عملکرد تحصیلی محاسبه گردید که شامل مجموع نمرات فعالیت‌های آموزشی و ارزشیابی‌های الکترونیکی نیم‌سال دوم بود. این نمره ابتدا از ۱۰۰ محاسبه و سپس به مقیاس ۰ تا ۲۰ تغییر یافت (جزئیات این نمره در جدول۳ ارائه شده است). این نمره جامع برای ارزیابی دقیق‌تر اثرات پروتکل ارزشیابی الکترونیکی در گروه آزمایش مورد استفاده قرار گرفت.

روش اجرا: پس از اتمام فرآیند نمونه‌گیری و کسب رضایت آگاهانه کتبی از والدین و رضایت شفاهی از خود دانش‌آموزان برای مشارکت در پژوهش، مرحله پیش‌آزمون آغاز شد. در این مرحله، نمرات پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در نیم‌سال اول تحصیلی (به‌عنوان شاخص پایه پیشرفت تحصیلی) جمع‌آوری گردید و پرسشنامه اضطراب ریاضی تجدیدنظر شده (MARS-R) توسط تمامی دانش‌آموزان گروه‌های آزمایش و کنترل تکمیل شد. این گام، امکان ارزیابی و کنترل تفاوت‌های اولیه بین گروه‌ها را فراهم آورد. سپس، پروتکل ارزشیابی الکترونیکی طراحی‌شده (شامل آموزش معلمان، استفاده از سکوهای آموزشی برخط (شاد)، ابزارهای ارزشیابی تعاملی و بازخورد مستمر) به مدت ۴ ماه (یک نیم‌سال تحصیلی) برای دانش‌آموزان گروه آزمایش اجرا شد. در طول این دوره، دبیران براساس شیوه‌نامه اجرایی و آموزش‌های قبلی، به صورت مستمر و هفتگی مؤلفه‌های ارزشیابی عملکردی و مستمر را (مانند انجام پروژه‌های کوچک و مشارکت در فعالیت‌های گروهی) از طریق قابلیت‌های سکو شاد پیاده‌سازی نموده و در پایان دوره نیز ارزشیابی پایانی صورت گرفت. در طول این دوره، دانش‌آموزان گروه کنترل، آموزش مجازی خود را با روش‌های آموزشی متداول و رایج سابق دنبال کردند و هیچ‌گونه مداخله خاصی از سوی پژوهشگران دریافت نکردند. ارزشیابی این گروه نیز به شیوه معمول و رایج آن‌ها، از طریق آزمون‌های کلاسی و تکالیف سنتی که در فرآیند تدریس-یادگیری عادی آن‌ها تعریف شده بود، انجام پذیرفت. این رویکرد، امکان مقایسه تأثیر پروتکل مداخله‌ای را با شرایط آموزشی طبیعی و بدون تغییر فراهم آورد. پس از اتمام دوره مداخله، مرحله پس‌آزمون به عمل آمد که شامل جمع‌آوری نمرات پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در نیم‌سال دوم و تکمیل مجدد پرسشنامه اضطراب ریاضی (MARS-R) توسط دانش‌آموزان هر دو گروه بود.

تحلیل داده‌ها: داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS (نسخه ۲۷) و R (نسخه ۴،۵،۰) تحلیل شدند.

تحلیل توصیفی: برای متغیرهای پژوهش، شاخص‌های توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار و سایر معیارهای گرایش مرکزی و پراکندگی محاسبه گردید.

تحلیل استنباطی: جهت بررسی تأثیر پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر پیشرفت تحصیلی و اضطراب ریاضی دانش‌آموزان و کنترل تأثیر نمرات پیش‌آزمون، از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده گردید. در این تحلیل، نمرات پیش‌آزمون (پیشرفت تحصیلی و اضطراب ریاضی) به‌عنوان متغیرهای کنترل (متغیر کمکی) در نظر گرفته شدند تا تأثیر تفاوت‌های اولیه بین گروه‌ها تعدیل شود. تحلیل ANCOVA با استفاده از نرم‌افزار SPSS۲۷ انجام شد.

برای رفع نگرانی‌های مربوط به عدم همترازی اولیه و کنترل اثرات احتمالی آن بر نتایج، تدابیر آماری زیر اتخاذ گردید:

۱. بررسی همسانی اولیه گروه‌ها: پیش از تحلیل‌های اصلی، همسانی گروه‌های آزمایش و کنترل از نظر

متغیرهای پیش‌آزمون (آزمون t ولچ و آزمون U من-ویتنی) مورد بررسی قرار گرفت.

۲. استفاده از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) برای کنترل آماری: برای افزایش دقت تحلیل، کاهش واریانس خطا، و کنترل هرگونه تفاوت ناچیز احتمالی، از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) استفاده شد. در این تحلیل، نمرات پیش‌آزمون متغیرهای وابسته (پیشرفت تحصیلی و هر یک از مؤلفه‌های اضطراب) به‌عنوان کوواریانس وارد مدل گردید. این رویکرد به ما امکان داد تا اثرات نمرات اولیه را حذف کرده و تفاوت‌های مشاهده شده در پس‌آزمون را با اطمینان بیشتری به مداخله نسبت دهیم.

این تدابیر آماری، اطمینان می‌دهد که با وجود محدودیت‌های عملیاتی و عدم توازن مشاهده شده در اندازه‌های گروه‌ها، نتایج حاصل از پژوهش حاضر از اعتبار و روایی کافی برخوردار هستند و اثرات مشاهده شده را می‌توان با اطمینان به پروتکل مداخله‌ای نسبت داد.

برای بررسی نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در رابطه بین پروتکل ارزشیابی الکترونیکی و پیشرفت تحصیلی، از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM[1]) با استفاده از بسته lavaan در نرم‌افزار R استفاده شد. مدل پیشنهادی شامل پروتکل ارزشیابی الکترونیکی به‌عنوان متغیر مستقل، اضطراب ریاضی به‌عنوان متغیر واسطه، و پیشرفت تحصیلی به‌عنوان متغیر وابسته بود. برای ارزیابی معنی‌داری اثرات مستقیم و غیرمستقیم (واسطه‌ای)، از روش بوت‌استرپینگ (Bootstrapping) استفاده گردید. این روش به‌ویژه برای ارزیابی اثرات واسطه‌ای در نمونه‌های خوشه‌ای مناسب است و نیاز به فرض نرمال بودن توزیع را کاهش می‌دهد. شاخص‌های برازش مدل نیز برای تأیید اعتبار مدل واسطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند.

ملاحظات اخلاقی: قبل از شروع پژوهش، مجوزهای لازم از مراجع ذی‌ربط (آموزش و پرورش استان و دانشگاه) اخذ گردید. رضایت آگاهانه از والدین دانش‌آموزان و رضایت شفاهی از خود دانش‌آموزان برای شرکت در پژوهش گرفته شد. به دانش‌آموزان اطمینان داده شد که شرکت در پژوهش کاملاً داوطلبانه بوده و اطلاعات آن‌ها به‌صورت محرمانه حفظ خواهد شد. هم‌چنین، نتایج به‌صورت کلی و گروهی گزارش شده و هیچ اطلاعات فردی منتشر نگردید.

1. Structural Equation Modeling

***جدول ۳. جدول تفکیک ریز نمرات فعالیت‌های انجام شده در کل نیم سال دوم دانش‌آموزان گروه آزمایش جهت کسب نمره جامع***

| مؤلفه | روش اجرا | ابزار و جزییات روش اجرا | معیارهای نمره‌دهی | |
|---|---|---|---|---|
| حضور و غیاب و ملاحظات اجتماعی | تهیه و برقراری ارتباط با دانش‌آموزان و والدین برای تعیین حضور دانش‌آموزان در آموزش الکترونیکی | **ابزار**: سامانه شاد (بخش حضور و غیاب)، پیام‌های خصوصی در سامانه شاد.<br>**جزئیات**: حضور و غیاب دانش‌آموزان ابتدا از طریق بخش حضور و غیاب سامانه شاد انجام شد. در صورت وجود مشکل یا عدم حضور دانش‌آموز، با استفاده از پیام‌های خصوصی در سامانه شاد توسط معلم و همیار معلمان برای دانش‌آموز یا والدین ثبت و پیگیری شد.<br>❖ همیار معلم، دانش‌آموز فعال و برجسته‌ی درسی که به‌عنوان سرگروه درسی برای کمک به معلم انتخاب شد. | حضور و غیاب به موقع و داشتن نظم- مشارکت فعال دانش‌آموزان در کلاس‌های مجازی و رفتارهای اجتماعی مثبت آن‌ها (مانند احترام به نظرات دیگران، گوش دادن فعالانه، و ...) | ۵ |
| تکالیف و خلاصه‌نویسی | تکالیف فردی و گروهی در بستر شاد، خلاصه‌نویسی در پایان کلاس | **ابزار**: سامانه شاد (صفحه شخصی معلم یا همیار معلمان)، فضای ذخیره‌سازی فایل سامانه شاد، فضای ذخیره‌سازی ابری (مثل گوگل درایو).<br>**جزئیات**: تکالیف فردی و گروهی دانش‌آموزان به صفحه شخصی معلم یا همیار معلمان ارسال شد. برای ذخیره فایل‌های تکالیف و خلاصه نویسی، از فضای ذخیره‌سازی فایل سامانه شاد استفاده شد. در صورت لزوم برای ذخیره‌سازی از روش‌های جایگزین مثل ارسال لینک به فضای ذخیره‌سازی ابری استفاده شد. نمرات نیز در دفتر نمره الکترونیکی که در کارپوشه معلم وجود داشت، قرار گرفته شد. | دقت، کامل بودن، به موقع بودن، کیفیت کار | ۱۰ |

| مؤلفه | روش اجرا | ابزار و جزییات روش اجرا | معیارهای نمره‌دهی | |
|---|---|---|---|---|
| فعالیت در حین تدریس | پرسش و پاسخ در طول درس | **ابزار**: سامانه شاد (چت گروهی در گروه‌های کلاسی با نظارت معلم، پخش زنده‌ی کلاس)، پیام‌های خصوصی در سامانه شاد.<br>**جزئیات**: پرسش و پاسخ‌ها در طول درس به دو روش انجام می‌شد: استفاده از قابلیت چت گروهی سامانه شاد و پرسش و پاسخ زنده (این روش امکان تعامل سریع و هم‌زمان بین دانش‌آموزان و معلم را فراهم می‌کرد.). در صورت بروز مشکل فنی، از پیام‌های خصوصی در شاد برای پاسخ به سؤالات استفاده می‌شد. | میزان و کیفیت پرسش و پاسخ‌ها، مشارکت دانش‌آموز | ۱۵ |
| فعالیت‌های گروهی و مستمر | انجام پروژه‌های گروهی، بحث‌های برخط در گروه‌ها، سؤالات کوتاه در طول درس، فعالیت‌های تعاملی در بستر شاد | **ابزار**: سامانه شاد (چت گروهی در گروه‌های کلاسی با نظارت معلم، صفحه شخصی معلم).<br>**جزئیات**: گروه‌های کلاسی در سامانه شاد توسط معلم تشکیل شدند. دانش‌آموزان از طریق چت گروهی شاد برای انجام پروژه‌های گروهی، بحث‌های برخط، و پاسخ به سؤالات کوتاه با هم تعامل داشتند. نتایج پروژه‌ها و فایل‌های مربوطه به‌صورت گروهی به صفحه شخصی معلم در شاد ارسال شد. | کیفیت کار گروهی، مشارکت هر فرد، تعامل گروهی، دقت پاسخ‌ها، درک مفاهیم، مشارکت فعال | ۲۰ |
| آزمونک | آزمون‌های کوتاه برخط در ابتدای درس به‌عنوان آزمون آغازین و در پایان هر بخش درس | **ابزار**: گوگل فرم، سامانه شاد.<br>**جزئیات**: ساخت آزمون در گوگل فرم و ارسال لینک در سامانه شاد و بازخورددهی سریع. | دقت و درستی پاسخ‌ها | ۵ |
| ارزشیابی پایان فصل کتاب | آزمون پایان هر فصل کتاب به‌صورت کتبی در بستر شاد | **ابزار**: سامانه شاد (آزمون‌های برخط، آپلود فایل پاسخ‌نامه)، پرسش و پاسخ زنده.<br>**جزئیات**: آزمون‌های برخط شاد، آپلود فایل پاسخ‌نامه در شاد، پرسش و پاسخ زنده جهت کاهش میزان تقلب. | دقت و درستی پاسخ‌ها، عدم تقلب | ۱۵ |

| مؤلفه | روش اجرا | ابزار و جزییات روش اجرا | معیارهای نمره‌دهی | |
|---|---|---|---|---|
| ارزشیابی پایانی | آزمون پایان نیم‌سال در صورت مجازی بودن | **ابزار**: سامانه شاد (آزمون‌های برخط)، پرسش و پاسخ زنده. **جزئیات**: آزمون‌های برخط شاد، پرسش و پاسخ زنده جهت کاهش میزان تقلب. | دقت و درستی پاسخ‌ها، عدم تقلب | ۳۰ |
| نمره جامع | | | | ۱۰۰ |

## یافته‌های پژوهش

در این مطالعه، فرضیه‌های تحقیق به‌شرح زیر بررسی شدند:

- **فرضیه ۱:** اجرای پروتکل ارزشیابی الکترونیکی به‌طور معنی‌داری بر افزایش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل تأثیر دارد.
- **فرضیه ۲:** اجرای پروتکل ارزشیابی الکترونیکی به‌طور معنی‌داری بر کاهش اضطراب ریاضی دانش‌آموزان گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل تأثیر دارد.
- **فرضیه ۳:** اضطراب ریاضی نقش واسطه‌ای معنی‌داری در رابطه بین اجرای پروتکل ارزشیابی الکترونیکی و پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان دارد. (به این معنی که پروتکل ارزشیابی ابتدا بر اضطراب ریاضی تأثیر می‌گذارد و این تغییر در اضطراب، به نوبه خود بر پیشرفت تحصیلی اثر می‌گذارد.)

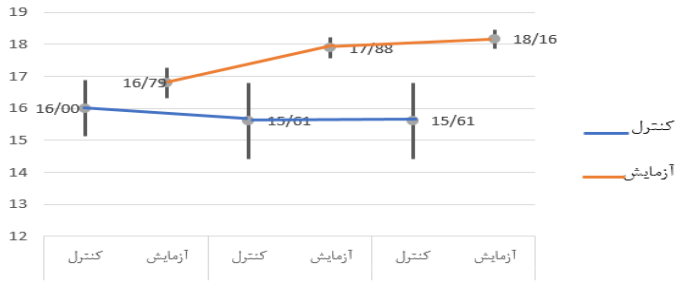
*گام ۱: آمار توصیفی*

در حوزه پیشرفت تحصیلی: با بررسی نمرات پس‌آزمون، تغییرات مشهودی در الگوی نمرات پیشرفت تحصیلی بین دو گروه مشاهده می‌شود. در گروه کنترل، میانگین نمره پیشرفت تحصیلی از ۱۶ در پیش‌آزمون به ۱۵/۶۱ در پس‌آزمون اندکی کاهش یافته است. در مقابل، گروه آزمایش نه تنها کاهش نیافته، بلکه شاهد افزایش میانگین نمره پیشرفت تحصیلی از ۱۶/۷۹ در پیش‌آزمون به ۱۷/۸۸ در پس‌آزمون بوده است. هم‌چنین، نمره جامع پیشرفت تحصیلی (میانگین فعالیت‌های دانش‌آموزان در نیم‌سال دوم) در گروه آزمایش (۱۸/۱۶) به‌وضوح بالاتر از وضعیت پیش‌آزمون است. علاوه بر این، انحراف استاندارد در گروه کنترل (۴/۵۴) بیش از دو برابر انحراف استاندارد به‌دست‌آمده در گروه آزمایش (۲/۱۸) است. این موضوع بیانگر آن است که تغییرات نمرات در گروه کنترل به‌مراتب بیشتر بوده و تمرکز داده‌ها بر روی میانگین در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل بالاتر است. این تغییرات توصیفی، گویای تأثیرگذاری احتمالی پروتکل بر بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در گروه آزمایش است (جدول ۴ و نمودار ۱).

در حوزه اضطراب ریاضی: نمرات اضطراب ریاضی نیز الگوی مشابهی را نشان می‌دهد. در گروه کنترل، میانگین نمرات در هردو زیرمقیاس اضطراب ریاضی (اضطراب یادگیری و اضطراب سنجش) و نیز نمره کلی اضطراب، بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون تقریبا ثابت باقی مانده است (به‌عنوان مثال، اضطراب یادگیری از ۳۰/۸۴ به ۳۰/۸۱ و اضطراب سنجش از ۲۵/۵۶ به ۲۵/۵۴). در حالی‌که گروه آزمایش، با کاهشی محسوس در نمرات اضطراب در هر دو زیرمقیاس مواجه شده است. برای مثال، میانگین نمره اضطراب یادگیری از ۲۹/۰۸ در پیش‌آزمون به ۲۸/۶۷ در پس‌آزمون و میانگین نمره اضطراب سنجش از ۲۵/۲۸ به ۲۴/۷۸ کاهش یافته است. هم‌چنین میانگین نمره اضطراب کل در گروه آزمایش از ۵۴/۳۵ در پیش‌آزمون به ۵۳/۴۵ در پس‌آزمون تقلیل یافته است. این کاهش مشهود در سطوح اضطراب در گروه آزمایش، مؤید تأثیر اولیه و مثبت پروتکل ارزشیابی الکترونیکی بر کاهش اضطراب ریاضی دانش‌آموزان این گروه است (نمودار ۲).

***جدول ۴. مقایسه میانگین نمرات پیش‌آزمون، پس‌آزمون و نمره جامع در کنار نمرات اضطراب در گروه‌های آزمایش و کنترل برای دانش‌آموزان دختر متوسطه اول در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹***

| عنوان | | گروه | تعداد | پیش‌آزمون | | پس‌آزمون | | نمره جامع | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | میانگین | انحراف استاندارد | میانگین | انحراف استاندارد | میانگین | انحراف استاندارد |
| پیشرفت تحصیلی | - | کنترل | ۷۹ | ۱۶ | ۳/۳۳ | ۱۵/۶۱ | ۴/۵۴ | - | - |
| | | آزمایش | ۱۶۷ | ۱۶/۷۹ | ۳/۱۷ | ۱۷/۸۸ | ۲/۱۸ | ۱۸/۱۶ | ۲ |
| اضطراب ریاضی | اضطراب یادگیری | کنترل | ۷۹ | ۳۰/۸۴ | ۱۰/۶۳ | ۳۰/۸۱ | ۱۰/۸۴ | - | - |
| | | آزمایش | ۱۶۷ | ۲۹/۰۸ | ۱۲/۳۱ | ۲۸/۶۷ | ۱۲/۷۷ | - | - |
| | اضطراب سنجش | کنترل | ۷۹ | ۲۵/۵۶ | ۷/۸۴ | ۲۵/۵۴ | ۷/۹۶ | - | - |
| | | آزمایش | ۱۶۷ | ۲۵/۲۸ | ۸/۴ | ۲۴/۷۸ | ۸/۴۶ | - | - |
| | نمره کلی اضطراب | کنترل | ۷۹ | ۵۶/۳۹ | ۱۶/۷۴ | ۵۶/۳۵ | ۱۷/۱۱ | - | - |
| | | آزمایش | ۱۶۷ | ۵۴/۳۵ | ۱۹/۲۸ | ۵۳/۴۵ | ۱۹/۹ | - | - |




***شکل ۱. مقایسه میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون و نمره جامع در گروه‌های آزمایش و کنترل برای دانش‌آموزان دختر متوسطه اول در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹***




***شکل ۲. مقایسه میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون اضطراب در گروه‌های آزمایش و کنترل برای دانش‌آموزان دختر متوسطه اول در سال تحصیلی ۱۳۹۹-۱۴۰۰***

*بررسی همگنی گروه‌ها در پیش‌آزمون*

برای اطمینان از همسان بودن گروه‌های آزمایش و کنترل پیش از آغاز مداخله، آزمون T مستقل برای مقایسه میانگین‌ها و آزمون لوین (Levene's Test) برای بررسی همگنی واریانس‌ها بر روی نمرات پیش‌آزمون متغیرهای پژوهش انجام شد. نتایج این تحلیل‌ها در جدول۵ ارائه شده است.

***جدول ۵. نتایج آزمون T مستقل برای بررسی همگنی گروه‌ها در پیش‌آزمون***

| عنوان | زیرمقیاس | فرض همگنی واریانس‌ها | آزمون لوین برای واریانس‌ها | | آزمون t برای برابری میانگین ها | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | آماره F | Sig. | t | df | Sig.(2-tailed) | اختلاف میانگین‌ها | انحراف استاندارد | فاصله اطمینان ۹۵% | |
| | | | | | | | | | | حد پایین | حد بالا |
| پیشرفت تحصیلی | - | همگن | ۱/۳۶۴ | ۰/۲۴۴ | -۱/۸۰۳ | ۲۴۴ | ۰/۰۷۳ | -۰/۷۹۳۴۱ | ۰/۴۴۰۰۲ | -۱/۶۶۰۱۳ | -۰/۰۷۳۳۱ |
| | | ناهمگن | | | -۱/۷۷۲ | ۱۴۶/۶۸۳ | ۰/۰۷۸ | -۰/۷۹۳۴۱ | ۰/۴۴۷۷۱ | -۱/۶۷۸۲۰ | ۰/۰۹۱۳۸ |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اضطراب ریاضی | اضطراب یادگیری | همگن | ۰/۷۷۴ | ۰/۳۸۰ | ۱/۰۹۱ | ۲۴۴ | ۰/۲۷۶ | ۱/۷۵۸ | ۱/۶۱۱ | -۱/۴۱۶ | ۴/۹۳۲ |
| | | ناهمگن | | | ۱/۱۵۰ | | ۰/۲۵۲ | ۱/۷۵۸ | ۱/۵۲۹ | -۱/۲۶۰ | ۴/۷۷۵ |
| | اضطراب سنجش | همگن | ۰/۴۵۲ | ۰/۵۰۲ | ۰/۲۵۱ | ۲۴۴ | ۰/۸۰۲ | ۰/۲۸۲ | ۱/۱۲۴ | -۱/۹۳۲ | ۲/۴۹۵ |
| | | ناهمگن | | | ۰/۲۵۷ | | ۰/۷۹۸ | ۰/۲۸۲ | ۱/۰۹۶ | -۱/۸۸۲ | ۲/۴۴۵ |
| | نمره کلی اضطراب | همگن | ۱/۰۰۷ | ۰/۳۱۷ | ۰/۸۰۷ | ۲۴۴ | ۰/۴۲ | ۲/۰۳۹ | ۲/۵۲۷ | -۲/۹۳۸ | ۷/۰۱۶ |
| | | ناهمگن | | | ۰/۸۴۹ | ۱۷۴/۲۸۲ | ۰/۳۹۷ | ۲/۰۳۹ | ۲/۴۰۳ | -۲/۷۰۳ | ۶/۷۸۱ |

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، نتایج آزمون لوین برای تمامی متغیرها (پیشرفت تحصیلی، اضطراب یادگیری، اضطراب سنجش و اضطراب کلی) نشان‌دهنده برقراری فرض همگنی واریانس‌ها است، زیرا مقادیر سطح معنی‌داری برای تمامی متغیرها بزرگتر از ۰/۰۵ می‌باشد (sig<۰/۰۵ ). این بدان معناست که پراکندگی نمرات در گروه‌های آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری نداشته است.

هم‌چنین، نتایج آزمون T مستقل نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین نمرات گروه‌های آزمایش و کنترل در هیچ‌یک از متغیرهای پیش‌آزمون وجود ندارد. مقادیر برای تمام متغیرها بزرگتر از ۰/۰۵ است. این یافته‌ها به‌وضوح نشان می‌دهند که گروه‌های آزمایش و کنترل پیش از آغاز مداخله پژوهشی، از نظر سطح اضطراب ریاضی و پیشرفت تحصیلی در پیش‌آزمون، همگن بوده‌اند. این همگنی اولیه، اعتبار داخلی یافته‌های پژوهش در مرحله پس‌آزمون را تقویت می‌کند، زیرا هرگونه تفاوت مشاهده شده در پس‌آزمون می‌تواند به اثر مداخله نسبت داده شود.

حال به بررسی پیش‌فرض‌های آماری نرمالیتی و همگنی واریانس‌ها برای متغیرهای اصلی پژوهش (مؤلفه‌های اضطراب ریاضی و نمرات پیشرفت تحصیلی) در هر یک از گروه‌های آزمایش و کنترل می‌پردازیم. اگرچه برقراری این پیش‌فرض‌ها برای استفاده از آزمون‌های پارامتریک مانند آزمون t مستقل و تحلیل کوواریانس (ANCOVA) که در گام‌های بعدی برای مقایسه میانگین‌ها بین گروه‌ها استفاده خواهند شد، ضروری است، اما مطالعات شبیه‌سازی متعدد (مانند کارهای گلس، پکهام، و سندرز[1]، ۱۹۷۲) نشان داده‌اند که ANCOVA نسبت به نقض فرضیه نرمال بودن (به‌ویژه با حجم نمونه کافی)، بسیار استوار (robust) است. بنابراین، حتی با وجود انحراف جزئی از نرمال بودن، نتایج ANCOVA همچنان قابل اعتماد در نظر گرفته می‌شوند. هم‌چنین، در صورت نقض فرض نرمالیتی برای تمامی متغیرها و همگنی واریانس‌ها از دو روش آماری استوار یعنی آزمون t ولچ (Welch's t-test) که نیازی به فرض همگنی واریانس ندارد و آزمون U من-ویتنی (Mann-Whitney U test) که یک آزمون ناپارامتریک است، می‌توان استفاده کرد.

1. Glass, Peckham and Sanders

*گام ۲: بررسی پیش‌فرض‌های تحلیل‌های اصلی*

برای بررسی نرمال بودن توزیع نمرات در هر یک از متغیرهای مورد بررسی، از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. نتایج این آزمون به تفکیک هر متغیر و گروه در جدول ۶ خلاصه شده است:

***جدول ۶. نتایج آزمون نرمال بودن توزیع شاپیرو-ویلک برای متغیرهای پژوهش در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون به تفکیک گروه***

| عنوان | زیرمقیاس | گروه | پیش‌آزمون | | پس‌آزمون | | نمره جامع | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | آماره w | مقدار p | آماره w | مقدار p | آماره w | مقدار p |
| پیشرفت | - | کنترل | ۰/۹۰۵ | ۰/۰۰۰ | ۰/۸۷۱ | ۰/۰۰۰ | - | - |
| | | آزمایش | ۰/۸۷۴ | ۰/۰۰۰ | ۰/۸۶۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۸۱۲ | ۰/۰۰۰ |
| اضطراب ریاضی | اضطراب یادگیری | کنترل | ۰/۹۴۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۹۴۴ | ۰/۰۰۲ | - | - |
| | | آزمایش | ۰/۸۷۹ | ۰/۰۰۰ | ۰/۸۴۹ | ۰/۰۰۰ | - | - |
| | اضطراب سنجش | کنترل | ۰/۹۵۴ | ۰/۰۰۶ | ۰/۹۵۵ | ۰/۰۰۷ | - | - |
| | | آزمایش | ۰/۹۶۵ | ۰/۰۰۰ | ۰/۹۶۹ | ۰/۰۰۱ | - | - |
| | نمره کلی اضطراب | کنترل | ۰/۹۶۵ | ۰/۰۳ | ۰/۹۶۹ | ۰/۰۴۹ | - | - |
| | | آزمایش | ۰/۹۶۳ | ۰/۰۰۰ | ۰/۹۴۳ | ۰/۰۰۰ | - | - |

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان می‌دهد که برای تمامی متغیرها و در هر دو گروه آزمایش و کنترل، است. این امر منجر به رد فرضیه صفر مبنی بر نرمال بودن توزیع داده‌ها می‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که توزیع هیچ یک از متغیرهای مورد بررسی در گروه‌ها نرمال نیست.

برای بررسی همگنی واریانس‌های نمرات بین دو گروه آزمایش و کنترل، از آزمون لون (Levene's Test) استفاده شد. نتایج این آزمون برای هر یک از متغیرهای مورد بررسی در جدول ۷ خلاصه شده است:

***جدول ۷. نتایج آزمون همگنی واریانس لون (Levene's Test) برای متغیرهای پژوهش در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون***

| عنوان | زیرمقیاس | پیش‌آزمون | | پس‌آزمون | | نمره جامع | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | آماره F | مقدار p | آماره F | مقدار p | آماره F | مقدار p |
| پیشرفت تحصیلی | - | ۱/۹۶۹۱ | ۰/۱۶۱۸ | ۴۷/۴۶۴ | ۰/۰۰۰ | ۶۰/۳۷۹ | ۰/۰۰۰ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اضطراب ریاضی | اضطراب یادگیری | ۰/۳۶۹۶ | ۰/۵۴۳۸ | ۰/۱۶۴۴ | ۰/۶۸۵۵ | - | - |
| | اضطراب سنجش | ۰/۵۲۹۹ | ۰/۴۶۷۴ | ۰/۸۷۹۸ | ۰/۳۴۹۲ | - | - |
| | نمره کلی اضطراب | ۰/۹۲۲۱ | ۰/۳۳۷۹ | ۰/۷۷۴۹ | ۰/۳۷۹۶ | - | - |

نتایج آزمون لون در جدول ۷، نشان می‌دهد که:

برای متغیرهای اضطراب ریاضی: برای تمام مؤلفه‌های اضطراب (اضطراب یادگیری، اضطراب سنجش و نمره کلی اضطراب) در هر دو مرحله مقدار است. این مطلب نشان می‌دهد که واریانس‌های نمرات اضطراب بین دو گروه آزمایش و کنترل به‌طور معنی‌داری متفاوت نیستند و پیش‌فرض همگنی واریانس‌ها برای این متغیرها برقرار است.

برای متغیر پیشرفت تحصیلی: در مرحله پیش‌آزمون، مقدار است. این نشان می‌دهد که واریانس‌های نمرات پیشرفت تحصیلی در پیش‌آزمون بین دو گروه آزمایش و کنترل همگن هستند. اما در مراحل پس‌آزمون و نمره جامع، مقدار است. این امر منجر به رد فرضیه صفر مبنی بر برابری واریانس‌ها می‌شود و نشان‌دهنده عدم همگنی واریانس‌ها برای نمرات پیشرفت تحصیلی در پس‌آزمون و نمره جامع بین دو گروه آزمایش و کنترل است.

در نهایت، نتایج بررسی پیش‌فرض‌ها نشان می‌دهد، در حالی‌که همگنی واریانس‌ها برای تمام متغیرهای اضطراب (در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون) و هم‌چنین برای پیشرفت تحصیلی در مرحله پیش‌آزمون برقرار است، فرض نرمالیتی برای تمامی متغیرهای پژوهش در هر دو گروه و در تمامی مراحل (پیش‌آزمون، پس‌آزمون و نمره جامع) نقض شده است.

*گام ۳: مقایسه میانگین اضطراب ریاضی و پیشرفت تحصیلی بین گروه‌های آزمایش و کنترل*

*مقایسه میانگین پیشرفت تحصیلی بین گروه‌های آزمایش و کنترل*

برای ارزیابی تأثیر پروتکل مورد نظر بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان، میانگین نمرات مربوط به متغیرهای پیشرفت تحصیلی (پیش‌آزمون، پس‌آزمون و نمره جامع) در مرحله پس‌آزمون بین دو گروه آزمایش و کنترل مقایسه شد (جدول ۸). با توجه به نتایج گام پیشین که نشان‌دهنده نقض فرض نرمالیتی برای تمامی متغیرها و همگنی واریانس‌ها برای پیشرفت تحصیلی در مراحل پس‌آزمون و نمره جامع بود، از آزمون‌های t ولچ و U من-ویتنی استفاده شد.

***جدول ۸. نتایج مقایسه میانگین (آزمون t ولچ) و رتبه‌ای (آزمون U من-ویتنی) نمرات گروه‌های آزمایش و کنترل***

| متغیر | آزمون آماری | آماره | df | p-value | میانگین گروه آزمایش | میانگین گروه کنترل | ٪۹۵فاصله اطمینان برای اختلاف میانگین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| پیش‌آزمون | آزمون t ولچ | ۱/۷۷۲ | | ۰/۰۷۸ | ۱۷/۸۹ | ۱۶ | [-۰/۰۹۱, ۱/۶۷۸] |
| | آزمون U من-ویتنی | | ۱ | ۰/۰۶۰ | ۱ | ۱ | - |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | آزمون t ولچ | ۴/۲۲ | ۹۵/۴۰۳ | | ۱۷/۸۸ | ۱۵/۶۱ | [۱/۲۰۲, ۳/۳۳۷] |
| پس‌آزمون | آزمون U من-ویتنی | W=۷۹۵۵ | - | ۰/۰۰۹* | - | - | - |
| | آزمون t ولچ | ۴/۷۸۹ | ۹۲/۶۶۱ | | ۱۸/۱۶ | ۱۵/۶۱ | [۱/۴۹۶, ۳/۶۱۵] |
| نمره جامع | آزمون U من-ویتنی | W=۸۲۰۵ | - | ۰/۰۰۲* | - | - | - |

با توجه به نتایج جدول ۸:

- پیش آزمون:

○ نتایج آزمون t ولچ (Welch's t-test) نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میانگین نمرات پیش‌آزمون بین دو گروه آزمایش و کنترل وجود ندارد (t(146/68)= 1/772,p-value = 0/08>0/05)، که نشان‌دهنده تأیید فرضیه صفر مبنی بر عدم تفاوت میانگین‌ها است. میانگین نمرات پیش‌آزمون در گروه آزمایش برابر با ۱۶/۷۹ و در گروه کنترل برابر با ۱۶ بود. بازه اطمینان ۹۵% برای اختلاف میانگین‌ها [۰/۰۹۱- , ۱/۶۷۸] نیز شامل عدد صفر می‌شود که نشان‌دهنده عدم معنی‌داری تفاوت میانگین‌ها است.

○ نتایج آزمون U من-ویتنی نیز عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در رتبه‌های نمرات پیش‌آزمون بین دو گروه را تأیید کرد (W = 74335,p = 0/106>0/05) .

بنابراین هر دو آزمون آماری، شواهدی مبنی بر عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در نمرات پیش‌آزمون بین گروه آزمایش و کنترل ارائه می‌دهند، که نشان می‌دهد دو گروه از لحاظ پیشرفت تحصیلی در ابتدای مطالعه همسان بوده‌اند.

- پس‌آزمون:

○ نتایج آزمون t ولچ برای نمرات پس‌آزمون(t(95/403) =4/22,p-value<0/001) نشان‌دهنده تفاوت بسیار معنی‌دار آماری بین دو گروه (به نفع گروه آزمایش) می‌باشد. میانگین نمرات پس‌آزمون در گروه آزمایش برابر با ۱۷/۸۸ و در گروه کنترل برابر با ۱۵/۶۱ بود. بازه اطمینان ۹۵% برای اختلاف میانگین‌ها [۳/۳۳۷ , ۱/۲۰۲] نیز شامل عدد صفر نمی‌شود که مؤید معنی‌داری تفاوت است.

○ نتایج آزمون U من-ویتنی نیز وجود تفاوت بسیار معنی‌دار آماری در رتبه‌های نمرات پس‌آزمون بین دو گروه را تأیید کرد (W= 7955,p-value=0/009 <0/05).

هر دو آزمون آماری، شواهدی قوی مبنی بر وجود تفاوت معنی‌دار آماری در نمرات پس‌آزمون بین گروه آزمایش و کنترل ارائه می‌دهند، به‌طوری‌که میانگین نمرات پس‌آزمون در گروه آزمایش به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه کنترل بود.

- نمره جامع:

○ نتایج آزمون t ولچ برای نمره جامع(t(92/661)=4/789,p-value<0/001) نیز حاکی از تفاوت بسیار معنی‌دار بین دو گروه (به نفع گروه آزمایش) است. میانگین نمره کل در گروه آزمایش برابر با ۱۸/۱۶ و در گروه کنترل برابر با ۱۵/۶۱ است. بازه اطمینان ۹۵% برای اختلاف میانگین‌ها [۳/۶۱۵ , ۱/۴۹۶] شامل عدد صفر نمی‌شود.

○ نتایج آزمون U من-ویتنی نیز وجود تفاوت بسیار معنی‌دار آماری در رتبه‌های نمره جامع بین دو گروه را تأیید کرد (W = 8205,p-value=0/002<0/05).

بنابراین هر دو آزمون آماری، شواهدی قوی مبنی بر وجود تفاوت معنی‌دار آماری در نمره جامع

پیشرفت تحصیلی بین گروه آزمایش و کنترل ارائه می‌دهند، به‌طوری‌که میانگین نمره جامع در گروه آزمایش به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه کنترل بود.

نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که پروتکل مورد استفاده، تأثیر معنی‌دار و مثبتی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در گروه آزمایش داشته است. با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار در نمرات پیش‌آزمون، می‌توان گفت که تفاوت‌های مشاهده شده در پس‌آزمون و نمره جامع، ناشی از مداخله است در هر دو شاخص پس‌آزمون و نمره جامع پیشرفت تحصیلی، دانش‌آموزان گروه آزمایش به‌طور معنی‌داری نمرات بالاتر نسبت به دانش‌آموزان گروه کنترل کسب کرده‌اند. این یافته‌ها، با وجود نقض پیش‌فرض‌های آماری در داده‌ها، توسط هر دو روش آماری مورد استفاده (Welch's t-test و Mann-Whitney U test) مورد حمایت قرار گرفته‌اند و نشان‌دهنده اثربخشی پروتکل بر افزایش نمرات تحصیلی است.

مقایسه میانگین/میانه متغیرهای اضطراب در پس‌آزمون بین گروه‌ها

*همان‌طور که در قبل اشاره شد، برای متغیرهای اضطراب در پس‌آزمون، نرمالیتی نقض شده بود. بنابراین،* در این بخش تمرکز بر آزمون U من-ویتنی به‌عنوان آزمون ناپارامتریک و استوار در برابر عدم نرمالیتی خواهد بود. نتایج حاصل به شرح جدول ۹ است:

***جدول ۹. آمار توصیفی و نتایج آزمون U من-ویتنی برای مقایسه میانگین رتبه‌ای متغیرهای پژوهش بین دو گروه آزمایش و کنترل***

| متغیر | گروه | میانگین | میانه | انحراف معیار | آماره W (من-ویتنی) | مقدار p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| اضطراب یادگیری | آزمایش | ۲۸/۷ | ۲۴ | ۱۲/۸ | ۷۷۲۱.۵ | ۰/۰۳۰ |
| | کنترل | ۳۰/۸ | ۲۹ | ۱۰/۸ | | |
| اضطراب سنجش | آزمایش | ۲۴/۸ | ۲۶ | ۸/۴۶ | ۶۹۳۷ | ۰/۵۱۳ |
| | کنترل | ۲۵/۵ | ۲۶ | ۷/۹۶ | | |
| نمره کلی اضطراب | آزمایش | ۵۳/۴ | ۴۹ | ۱۹/۹ | ۷۴۳۲ | ۰/۱۰۹ |
| | کنترل | ۵۶/۴ | ۵۵ | ۱۷/۱ | | |

با توجه به نتایج جدول ۹ و تحلیل‌های آماری صورت گرفته، یافته‌ها حاکی از اثربخشی معنی‌دار پروتکل آموزشی در کاهش اضطراب یادگیری ریاضی است، هرچند تأثیر آن بر اضطراب سنجش و نمره کلی اضطراب به آستانه معنی‌داری آماری نرسیده است. این نتایج به تفصیل در ادامه تبیین می‌شوند:

- اضطراب یادگیری: نتایج آزمون U من-ویتنی به‌وضوح نشان داد که تفاوت معنی‌دار آماری در نمرات مربوط به اضطراب یادگیری بین دو گروه آزمایش و کنترل وجود دارد (W=7721/5,p-value=0/03<0/05). این یافته، مؤید تفاوت معنی‌دار در توزیع نمرات این متغیر بین دو گروه است. بررسی آمار توصیفی نیز نشان می‌دهد که میانه نمرات اضطراب یادگیری در گروه آزمایش برابر با ۲۴ و در گروه کنترل برابر با ۲۹ بوده است. به‌همین ترتیب، میانگین در گروه آزمایش (۲۸/۷) پایین‌تر از گروه کنترل (۳۰/۸) کاهش چشم‌گیری داشته است. با توجه به معنی‌داری آماری قوی و کاهش مشهود در میانگین و میانه نمرات در گروه آزمایش، می‌توان با اطمینان نتیجه گرفت که پروتکل مورد نظر به‌طور معنی‌داری و مؤثری باعث کاهش سطح اضطراب یادگیری ریاضی در دانش‌آموزان گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل شده است. این نتیجه نشان‌دهنده موفقیت پروتکل در پرداختن به آن بخش از اضطراب است که مستقیماً با فرآیند یادگیری مفاهیم ریاضی مرتبط است.

- اضطراب سنجش: نتایج آزمون U من-ویتنی نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری در نمرات مربوط به اضطراب سنجش بین دو گروه آزمایش و کنترل وجود ندارد (W = 6937,p-value= 0/513>0/05). اگرچه میانگین (۲۴/۸ در مقابل ۲۵/۵) و میانه (۲۶ در هر دو گروه) در گروه آزمایش کمی پایین‌تر یا برابر با گروه کنترل است، اما این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نیست. این عدم معنی‌داری، ابتدا از منظر ابزاری قابل تبیین است. عدم معنی‌داری آماری در این مؤلفه، لزوماً به‌معنای عدم اثربخشی مطلق پروتکل نیست، بلکه می‌تواند ناشی از ماهیت پیچیده‌تر اضطراب سنجش باشد. اضطراب سنجش غالباً ریشه‌های عمیق‌تری دارد که تنها محدود به اضطراب یادگیری محتوا نیست و می‌تواند با عوامل شخصیتی (مانند کمال‌گرایی)، سابقه عملکرد تحصیلی، انتظارات محیطی (والدین و معلم) و حتی اضطراب عملکرد عمومی در ارتباط باشد. مداخلات کوتاه‌مدت یا عمومی‌تر ممکن است برای پرداختن به تمامی ابعاد این نوع اضطراب که در طول زمان شکل گرفته، کافی نباشد و نیازمند تکنیک‌های متمرکزتر و طولانی‌تر باشد.
- نمره کلی اضطراب: نتایج آزمون U من-ویتنی نشان داد که تفاوت معنی‌دار آماری در نمره کل اضطراب ریاضی بین دو گروه آزمایش و کنترل وجود ندارد (W =7432,p-value= 0/109>0/05). اگرچه میانه نمره کل اضطراب ریاضی در گروه آزمایش (۴۹) پایین‌تر از گروه کنترل (۵۵) و میانگین نیز در گروه آزمایش (۵۳/۴) پایین‌تر از گروه کنترل (۵۶/۴) است، اما این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نیست. عدم معنی‌داری نمره کلی اضطراب، با توجه به عدم معنی‌داری مؤلفه اضطراب سنجش، قابل توجیه است. همانطور که پیشتر توضیح داده شد، عدم معنی‌داری آماری در اضطراب سنجش، می‌تواند ناشی از ماهیت پروتکل که عمدتاً بر فرآیند یادگیری متمرکز بود، باشد. از آن‌جا که نمره کلی اضطراب مجموع دو مؤلفه (اضطراب یادگیری و اضطراب سنجش) است و پروتکل تنها بر یکی از آن‌ها (اضطراب یادگیری) تأثیر معنی‌دار داشته، اثر مثبت اضطراب یادگیری توسط عدم تغییر معنی‌دار در اضطراب سنجش رقیق شده است. به‌عبارتی، نمره کلی، حساسیت لازم برای بازتاب کامل اثربخشی پروتکل را در تنها یک مؤلفه کلیدی خود (اضطراب یادگیری) از دست داده است. با این‌حال، روند کاهشی در میانگین و میانه نمره کلی اضطراب در گروه آزمایش، پتانسیل پروتکل را در کاهش کلی اضطراب نشان می‌دهد که با افزایش حجم نمونه یا طولانی‌تر شدن مداخله ممکن است به معنی‌داری آماری برسد.

نتایج تحلیل‌ها به‌روشنی نشان می‌دهد که پروتکل مورد استفاده، با موفقیت بر کاهش اضطراب یادگیری ریاضی در دانش‌آموزان گروه آزمایش تأثیر معنی‌داری داشته است. این یافته از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا اضطراب یادگیری یکی از موانع اصلی در فرآیند آموزشی و تحصیلی دانش‌آموزان به شمار می‌رود. اگرچه تأثیر معنی‌داری بر مؤلفه اضطراب سنجش و نمره کلی اضطراب مشاهده نشد، اما این امر را می‌توان با توجه به تفاوت در پوشش ابزاری (تعداد گویه‌ها) برای هر یک از زیرمقیاس‌ها و هم‌چنین ماهیت تمرکز پروتکل، و در نتیجه اثر رقیق‌کنندگی عدم تغییر معنی‌دار آن بر نمره کلی، توجیه کرد. کاهش معنی‌دار و مشهود در اضطراب یادگیری، به تنهایی، نشان‌دهنده اثربخشی ارزشمند و هدفمند پروتکل در یک حوزه محوری از اضطراب مرتبط با ریاضیات است. این نتیجه حاکی از آن است که دانش‌آموزان گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل، پس از اجرای پروتکل، سطوح پایین‌تری از اضطراب را در مواجهه با فرآیند یادگیری مفاهیم ریاضی تجربه کرده‌اند که این خود گامی مهم در بهبود عملکرد تحصیلی و رفاه روان‌شناختی آن‌هاست. بنابراین، می‌توان پروتکل را در حیطه مورد نظر (اضطراب یادگیری) کاملاً اثربخش دانست و عدم تعمیم این اثربخشی به تمامی ابعاد اضطراب، مانع از تأیید کارایی آن در حوزه هدف نیست.

گام ۴: تحلیل واسطه‌گری نقش اضطراب ریاضی در رابطه بین پروتکل ارزشیابی و پیشرفت تحصیلی

برای بررسی نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در رابطه بین تأثیر پروتکل ارزشیابی و پیشرفت تحصیلی، از تحلیل واسطه‌گری با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) و روش بوت‌استرپینگ (Bootstrap)

در نرم‌افزار R (بسته lavaan) استفاده شد. مدل مفروض شامل سه مسیر اصلی است: «مسیر a» که تأثیر پروتکل را بر اضطراب ریاضی (واسطه) می‌سنجد؛ «مسیر b» که تأثیر اضطراب ریاضی را بر پیشرفت تحصیلی (متغیر وابسته) ارزیابی می‌کند؛ و «مسیر c» که تأثیر مستقیم پروتکل ارزشیابی را بر پیشرفت تحصیلی، با کنترل اثر واسطه‌گر اضطراب ریاضی، اندازه‌گیری می‌نماید (نمودار ۳). برای ارزیابی معنی‌داری اثرات غیرمستقیم، از ۱۰۰۰ نمونه بوت‌استرپ با فواصل اطمینان ۹۵% از نوع BCA[1] استفاده شد.

***جدول ۱۰. خلاصه ضرایب رگرسیون مدل واسطه‌گری و فواصل اطمینان ۹۵ بوت‌استرپ***

| مسیرهای رگرسیون | برآورد غیر استاندارد (B) | خطای استاندارد (SE) | آماره z | مقدار p | فاصله اطمینان ۹۵% (حد پایین) | فاصله اطمینان ۹۵% (حد بالا) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| پروتکل نمره کلی اضطراب (پس‌آزمون) مسیر(a) | -۵/۳۲۱ | ۲/۵۵۵ | -۲/۰۸۳ | ۰/۰۳۷ | -۱۰/۱۳۹ | -۰/۴۵۲ |
| نمره کلی اضطراب (پس‌آزمون) نمره جامع مسیر(b) | -۰/۰۴۴ | ۰/۰۱۱ | -۳/۹۷۶ | ۰/۰۰۱ | -۰/۰۶۷ | -۰/۰۲۴ |
| پروتکل نمره جامع مسیر(c) | ۳/۲۲۷ | ۰/۵۶۱ | ۵/۷۴۸ | ۰/۰۰۱ | ۲/۱۸۷ | ۴/۴۰۱ |
| اثرات تعریف شده | | | | | | |
| Indirect Effect (a * b) | ۰/۲۳۵ | ۰/۱۲۶ | ۱/۸۶۴ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۲۱ | ۰/۵۰۲ |

با توجه به نتایج جدول ۱۰،

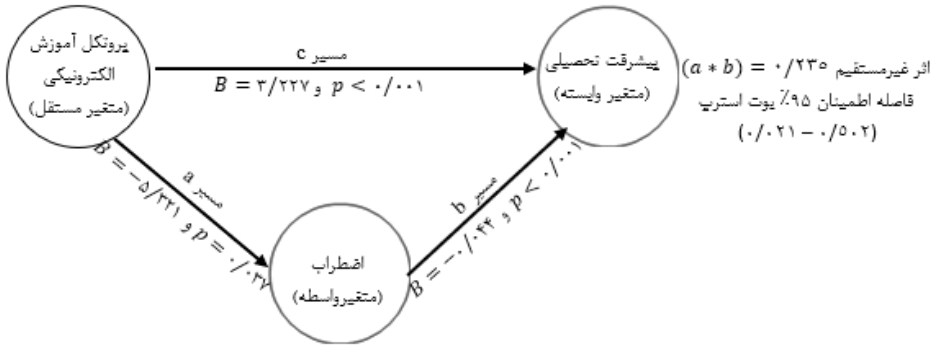
- «مسیر a» (تأثیر پروتکل بر اضطراب ریاضی): نتایج نشان داد که پروتکل ارزشیابی تأثیر معنی‌داری بر کاهش اضطراب ریاضی داشته‌است (B=-5/321,SE=2/555,z=-2/083,p-value=0/037<0/05). این یافته نشان می‌دهد که گروه آزمایش در مقایسه با گروه کنترل، به‌طور معنی‌داری با کاهش اضطراب ریاضی دانش‌آموزان مرتبط بوده است.
- «مسیر b» (تأثیر اضطراب ریاضی بر پیشرفت تحصیلی): اضطراب ریاضی به‌طور معنی‌دار و منفی با پیشرفت تحصیلی مرتبط است (B=-0/044,SE=0/011,z=-3/976,p-value<0/001). این بدان معنی است که افزایش سطح اضطراب ریاضی با کاهش پیشرفت تحصیلی همراه است.
- «مسیر c» (تأثیر مستقیم پروتکل بر پیشرفت تحصیلی): پروتکل ارزشیابی حتی پس از کنترل اثر اضطراب ریاضی، هم‌چنان تأثیر مستقیم و معنی‌داری بر افزایش پیشرفت تحصیلی دارد (B=3/227,SE=0/561,z=5/748,p-value<0/001). این نشان می‌دهد که علاوه بر هرگونه تأثیر غیرمستقیم از طریق اضطراب، پروتکل دارای یک اثر مستقیم مثبت بر پیشرفت تحصیلی است.

اثر غیرمستقیم (واسطه‌گری): اثر غیرمستقیم پروتکل ارزشیابی بر پیشرفت تحصیلی از طریق اضطراب ریاضی (حاصل‌ضرب مسیرهای a و b) برابر با ۰/۲۳۵ برآورد شد. فاصله اطمینان ۹۵% بوت‌استرپ برای این اثر (۰/۰۲۱ تا ۰/۵۰۲) شامل صفر نبود. عدم وجود صفر در فاصله اطمینان، نشان‌دهنده معنی‌داری آماری اثر غیرمستقیم است. این یافته حاکی از آن است که اضطراب ریاضی به‌طور جزئی، نقش واسطه‌ای

1. Bias-Corrected and Accelerated

در رابطه بین پروتکل ارزشیابی و پیشرفت تحصیلی ایفا می‌کند. به‌عبارت دیگر، پروتکل ارزشیابی با کاهش اضطراب ریاضی، به‌طور غیرمستقیم بر افزایش پیشرفت تحصیلی تأثیر می‌گذارد (جدول ۱۰ و نمودار ۳).

به‌طور کلی، نتایج تحلیل واسطه‌گری نشان می‌دهد که پروتکل ارزشیابی نه تنها به‌طور مستقیم باعث بهبود پیشرفت تحصیلی می‌شود، بلکه به‌طور غیرمستقیم نیز از طریق کاهش سطح اضطراب ریاضی دانش‌آموزان بر پیشرفت تحصیلی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت توجه به جنبه‌های عاطفی مانند اضطراب در طراحی و اجرای مداخلات آموزشی با هدف بهبود عملکرد تحصیلی است.




***شکل ۳. مدل واسطه‌گری اضطراب ریاضی در رابطه بین پروتکل ارزشیابی و پیشرفت تحصیلی***

## بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف توسعه و ارزیابی اثربخشی یک پروتکل ارزشیابی الکترونیکی برای آموزش ریاضی در مقطع متوسطه اول بر پیشرفت تحصیلی و اضطراب ریاضی دانش‌آموزان دختر انجام پذیرفت. این مطالعه شبه‌تجربی، که با طراحی پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل صورت گرفت، به وضوح اثربخشی قابل توجه پروتکل تدوین‌شده را در هر دو زمینه تأیید می‌کند.

- تبیین اثربخشی بر پیشرفت تحصیلی

یافته‌ها به روشنی نشان داد که پروتکل ارزشیابی الکترونیکی، تأثیر مثبت و معنی‌داری (p-value<0/001) بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش داشته است. این بهبود چشم‌گیر با افزایش میانگین نمرات پیشرفت تحصیلی در گروه آزمایش از ۱۶/۷۹ در پیش‌آزمون به ۱۷/۸۸ در پس‌آزمون و نمره جامع ۱۸/۱۶ آشکار شد. در مقابل، گروه کنترل با کاهشی جزئی در میانگین نمرات پیشرفت تحصیلی خود مواجه شد (از ۱۶ در پیش‌آزمون به ۱۵/۶۱ در پس‌آزمون).

این تفاوت معنی‌دار، توسط هر دو آزمون آماری t ولچ و U من-ویتنی تأیید گردید که نشان‌دهنده برتری قابل توجه گروه آزمایش در پس‌آزمون (W = 7955,p-value=0/009) (t(95/403) =4/22,p-value<0/001) (و) و نمره جامع پیشرفت تحصیلی نسبت به گروه کنترل است. مهم‌تر آن‌که، نتایج این آزمون‌ها هیچ تفاوت معنی‌داری در نمرات پیش‌آزمون بین دو گروه نشان نداد (t(146/68)= 1/772,p-value = 0/08) (W = 601/0 = eulav-p,53347)، که نشان‌دهنده همسانی اولیه گروه‌ها و اطمینان‌بخش بودن این نتیجه‌گیری است که تفاوت‌های مشاهده شده در پس‌آزمون و نمره جامع، مستقیماً ناشی از مداخله پروتکل است.

این افزایش معنی‌دار در نمرات پیشرفت تحصیلی را می‌توان به چندین ویژگی کلیدی پروتکل ارزشیابی الکترونیکی مرتبط دانست. محیط تعاملی و قابلیت بازخورد فوری، دانش‌آموزان را قادر می‌سازد تا بلافاصله پس از ارزیابی، نقاط ضعف خود را شناسایی و تصحیح کنند. این بازخورد سازنده و به‌موقع، فرآیند خودتنظیمی در یادگیری را تقویت کرده و به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مسئولیت بیشتری در قبال

پیشرفت خود بپذیرند. علاوه بر این، کاهش قابل توجه انحراف استاندارد در گروه آزمایش (از ۴/۵۴ در گروه کنترل به ۲/۱۸ در پس‌آزمون)، نشان‌دهنده همگونی و یکپارچگی بیشتر در عملکرد دانش‌آموزان این گروه است. این امر حاکی از آن است که پروتکل نه تنها میانگین نمرات را بهبود بخشیده، بلکه توانسته است شکاف‌های یادگیری را کاهش داده و تجربه یادگیری را برای طیف وسیع‌تری از دانش‌آموزان مؤثر سازد. استفاده از نمره جامع که شامل فعالیت‌های مستمر نیم‌سال دوم نیز می‌شود، هم‌چنین این تبیین را تقویت می‌کند که پروتکل توانسته است یادگیری پایدار و عمیق‌تری را در دانش‌آموزان ایجاد کند و صرفاً به ارزیابی‌های مقطعی محدود نمی‌شود.

- تبیین اثربخشی بر اضطراب ریاضی

یافته‌های این پژوهش نشان داد که اجرای پروتکل آموزش الکترونیکی، تأثیر معنی‌داری بر کاهش اضطراب ریاضی در دانش‌آموزان گروه آزمایش داشته است، به‌ویژه در زیرمقیاس اضطراب یادگیری ریاضی. در حالی که میانگین نمرات اضطراب در گروه کنترل بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون نسبتاً ثابت باقی ماند (اضطراب یادگیری از ۳۰/۸۴ به ۳۰/۸۱، اضطراب سنجش از ۲۵/۵۶ به ۲۵/۵۴ و اضطراب کلی از ۵۶/۳۹ به ۵۶/۳۵)، گروه آزمایش کاهشی محسوس را در هر سه بُعد تجربه کرد (اضطراب یادگیری از ۲۹/۰۸ به ۲۸/۶۷، اضطراب سنجش از ۲۵/۲۸ به ۲۴/۷۸ و اضطراب کلی از ۵۴/۳۵ به ۵۳/۴۵). مهمترین نکته، رسیدن این کاهش در اضطراب یادگیری به آستانه معنی‌داری آماری است. اگرچه برای اضطراب سنجش و نمره کلی اضطراب، روند کاهشی مشاهده شد، اما این کاهش به سطح معنی‌داری آماری ۰/۰۵ نرسید.

این موفقیت پروتکل در کاهش معنی‌دار اضطراب یادگیری، را می‌توان به ماهیت کمتر تهدیدکننده و انعطاف‌پذیری محیط‌های ارزشیابی الکترونیکی نسبت داد. در چنین محیطی، دانش‌آموزان ممکن است احساس فشار کمتری داشته باشند و با آزادی عمل بیشتری به تمرین و ارزیابی بپردازند. فرصت‌های متعدد برای تصحیح خطاها و دریافت بازخورد خصوصی، می‌تواند به کاهش ترس از شکست و تقویت اعتماد به نفس در یادگیری ریاضی منجر شود. این یافته به وضوح گواه کارایی پروتکل در پرداختن به جنبه‌های روان‌شناختی مرتبط با فرآیند یادگیری مفاهیم ریاضی است. این‌که زیرمقیاس اضطراب یادگیری ریاضی با ۱۶ گویه جامع در پرسشنامه MARS-R سنجیده شده، اعتبار بیشتری به این نتایج می‌بخشد و تأکید می‌کند که پروتکل توانسته است به‌طور خاص بر ابعاد مرتبط با فرآیند مستقیم یادگیری تأثیر مثبت بگذارد و هم‌راستا با اهداف آن در تسهیل فرآیند یادگیری است.

یافته‌های حاصل از آزمون U من-ویتنی نیز کاهش معنی‌دار آماری نمرات اضطراب یادگیری را در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل تأیید کرد (W=7721/5,p-value= 0/03). این کاهش با افت میانه و میانگین نمرات این زیرمقیاس در گروه آزمایش (به ترتیب به ۲۴ و ۲۸/۷) در مقایسه با مقادیر بالاتر در گروه کنترل (میانه ۲۹، میانگین ۳۰/۸) مشهود بود. این نتایج به وضوح نشان‌دهنده توانایی پروتکل در کاهش سطح اضطراب یادگیری ریاضی است.

عدم معنی‌داری آماری در کاهش اضطراب سنجش و اضطراب کلی، هرچند روند کاهشی مشاهده شد، قابل تأمل است و می‌تواند به چند عامل نسبت داده شود اولاً، ساختار پرسشنامه MARS-R اضطراب سنجش را تنها با ۸ گویه ارزیابی می‌کند که ممکن است حساسیت کمتری برای تشخیص تغییرات ظریف داشته باشد. ثانیاً، تمرکز اصلی پروتکل تدوین‌شده، بر فرایند یادگیری و تعامل مستمر با محتوا بود، نه لزوماً بر موقعیت‌های ارزیابی رسمی و سنتی که معمولاً منبع اصلی اضطراب سنجش هستند. با این وجود، تأثیر معنی‌دار و مثبت پروتکل بر اضطراب یادگیری، دستاورد مهمی محسوب می‌شود، به‌ویژه در شرایط آموزشی کنونی که آموزش مجازی و الکترونیکی رو به گسترش است. این یافته پتانسیل پروتکل را برای بهبود وضعیت روان‌شناختی دانش‌آموزان در مواجهه با چالش‌های یادگیری ریاضی، فراتر از موقعیت صرفاً سنجش، برجسته می‌سازد.

- نقش واسطه‌ای اضطراب ریاضی در رابطه بین پروتکل و پیشرفت تحصیلی

یکی از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین یافته‌های این پژوهش، تأیید نقش واسطه‌ای معنی‌دار اضطراب ریاضی در رابطه بین پروتکل ارزشیابی الکترونیکی و پیشرفت تحصیلی است. این یافته نشان می‌دهد که پروتکل تدوین‌شده، نه تنها به‌طور مستقیم بر پیشرفت تحصیلی اثر می‌گذارد، بلکه از طریق کاهش اضطراب ریاضی دانش‌آموزان نیز، به صورت غیرمستقیم به بهبود عملکرد آموزشی آن‌ها کمک می‌کند. به عبارت دیگر، با کاهش سطح اضطراب، دانش‌آموزان قادر به پردازش اطلاعات با تمرکز و آرامش بیشتری می‌شوند، استوارت روانی کمتری در مواجهه با مسائل پیچیده دارند، و در نتیجه، عملکرد تحصیلی مطلوب‌تری را از خود نشان می‌دهند. این مکانیسم واسطه‌ای، به‌مثابه «هموار کردن مسیر روانی» برای یادگیری عمل می‌کند.

- تحلیل واسطه‌گری این نقش را به تفصیل نشان می‌دهد:

۱. اثر پروتکل بر اضطراب ریاضی: پروتکل ارزشیابی تأثیر معنی‌داری بر کاهش اضطراب ریاضی داشت (B=-5/321,p=0/037). این بدان معناست که قرار گرفتن در گروه آزمایش به‌طور قابل توجهی با کاهش اضطراب ریاضی دانش‌آموزان همراه بود.

۲. اثر اضطراب ریاضی بر پیشرفت تحصیلی: اضطراب ریاضی به‌طور معنی‌دار و منفی با پیشرفت تحصیلی مرتبط بود (B=-0/044,p<0/001). این یافته تأیید می‌کند که افزایش سطح اضطراب ریاضی منجر به کاهش پیشرفت تحصیلی می‌شود.

۳. اثر مستقیم پروتکل بر پیشرفت تحصیلی: حتی پس از کنترل اثر اضطراب ریاضی، پروتکل همچنان تأثیر مستقیم و معنی‌داری بر افزایش پیشرفت تحصیلی داشت (B=3/227,p-value<0/001). این اثر مستقیم نشان می‌دهد که جنبه‌هایی از پروتکل، مستقل از کاهش اضطراب (مانند طراحی آموزشی جذاب، بازخورد سازنده آموزشی، یا فرصت‌های بیشتر برای تمرین و تسلط)، مستقیماً به بهبود عملکرد تحصیلی منجر می‌شوند.

۴. ثر غیرمستقیم از طریق واسطه‌گری: اثر غیرمستقیم پروتکل ارزشیابی بر پیشرفت تحصیلی از طریق اضطراب ریاضی (حاصل‌ضرب مسیرهای و ) برابر با ۰/۲۳۵ برآورد شد. فاصله اطمینان ۹۵% بوت‌استرپ برای این اثر (۰/۰۲۱ تا ۰/۵۰۲) شامل صفر نبود، که مؤید معنی‌داری آماری این اثر غیرمستقیم است. این یافته به‌طور قاطع نشان می‌دهد که اضطراب ریاضی، نقش واسطه‌ای مهمی در رابطه بین پروتکل ارزشیابی و پیشرفت تحصیلی ایفا می‌کند.

در مجموع، این یافته‌ها نه‌تنها یک گام مهم در درک مکانیسم‌های زیربنایی تأثیرگذاری روش‌های ارزشیابی نوین است، بلکه بر اهمیت توجه همزمان به ابعاد شناختی (پیشرفت تحصیلی) و روان‌شناختی (اضطراب) در طراحی برنامه‌های آموزشی و ارزشیابی، به‌ویژه در محیط‌های دیجیتال، تأکید می‌کند. با وجود پیچیدگی‌های مرتبط با تدوین پروتکل و نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای، یافته‌های به‌دست‌آمده از فرضیات پژوهش پشتیبانی کرده و اثربخشی این روش آموزشی را در بهبود یادگیری و کاهش اضطراب به خوبی نشان می‌دهند.

- هم‌راستایی با تحقیقات پیشین و اهمیت پژوهش حاضر

نتایج این پژوهش نه‌تنها تأثیر مثبت ارزشیابی الکترونیکی را در کاهش اضطراب ریاضی و بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان تأیید می‌کند، بلکه هم‌راستایی معنی‌داری با یافته‌های تحقیقات قبلی در این زمینه دارد. مطالعاتی نظیر موسوی و همکاران (۱۳۹۶)، استوول و دان (۲۰۱۰) و آقورن لویی و علیجانی علیجانوند (۱۳۹۸) بر نقش مؤثر ارزشیابی الکترونیکی در کاهش اضطراب ریاضی و تقویت پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان تأکید کرده‌اند. علاوه بر این، یافته‌های کنونی با پژوهش‌هایی سازگار است که بر اهمیت به‌کارگیری استراتژی‌های آموزشی متنوع و انعطاف‌پذیر در بسترهای یادگیری الکترونیکی اصرار می‌ورزند. این استراتژی‌ها، شامل بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال، تدریس معکوس، الگوهای آموزشی نوین، استفاده از کارپوشه‌های الکترونیکی و مدل‌های یادگیری مبتنی بر بازی هستند که تأثیر آن‌ها

در کاهش اضطراب و بهبود عملکرد تحصیلی ریاضی دانش‌آموزان در تحقیقاتی مانند اوزتوپ (۲۰۲۳)، ایمان‌زاده و همکاران (۱۳۹۹)، مجید و حسین (۲۰۲۱)، زارعی زوارکی و رضایی (۱۳۹۰)، فریدون‌نژاد (۱۴۰۲)، بدلی و همکاران (۱۳۹۳) و هونگ و همکاران (۲۰۱۴) به‌وضوح نشان داده شده است. این همسویی گسترده، نه تنها اعتبار داخلی یافته‌های این مطالعه را تقویت می‌کند، بلکه تعمیم‌پذیری و اهمیت کاربردی پروتکل تدوین‌شده را در محیط‌های آموزشی معاصر دوچندان می‌سازد.

- پیشنهادات برای پژوهش‌های آتی و کاربردهای عملی

این مطالعه می‌تواند به‌عنوان مستحکم برای تحقیقات آینده در زمینه اثرات روش‌های نوین آموزش بر یادگیری و سلامت روان دانش‌آموزان تلقی شود. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با گسترش دامنه تحقیق به سایر مقاطع تحصیلی، جنسیت‌ها، و هم‌چنین بررسی تأثیر متغیرهای دیگری مانند نوع محتوا، ویژگی‌های فردی دانش‌آموزان و میزان تعاملات اجتماعی در بستر الکترونیکی، به تعمیم‌پذیری بیشتر یافته‌ها کمک کرده و عوامل مؤثر بر عملکرد تحصیلی و وضعیت روانی دانش‌آموزان را عمیق‌تر بررسی کنند. با توجه به اهمیت روزافزون آموزش الکترونیکی و چالش‌های روان‌شناختی مرتبط با آن، این تحقیق نه‌تنها به درک بهتری از تأثیر ارزشیابی الکترونیکی بر کاهش اضطراب یادگیری کمک می‌کند، بلکه با تبیین نقش واسطه‌ای معنی‌دار اضطراب ریاضی در رابطه بین پروتکل و پیشرفت تحصیلی، یک الگوی روشن و قابل‌تکثیر را برای معلمان و سیستم‌های آموزشی فراهم می‌آورد. این الگو می‌تواند در راستای بهبود فرآیند یاددهی-یادگیری ریاضی و ارتقاء سلامت روان‌شناختی دانش‌آموزان در عصر دیجیتال مورد استفاده قرار گیرد. در نهایت، یافته‌های این پژوهش به‌وضوح نمایانگر تأثیر و کارآمدی روش‌های نوین در ارزشیابی و تدریس برای کاهش اضطراب ریاضی و بهبود یادگیری ریاضی دانش‌آموزان است و می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی جامع و مؤثر برای ارتقاء مستمر یادگیری ریاضی و سلامت روان‌شناختی دانش‌آموزان در محیط‌های آموزشی نوین عمل کند.

## تشکر و قدردانی

از همکاری و همراهی دبیران و دانش‌آموزان مشارکت‌کننده در این پژوهش، که امکان پژوهش حاضر را فراهم ساختند و نتایج به‌دست آمده در نتیجه‌ی همکاری صمیمانه آن‌ها بود کمال تشکر و قدردانی را داریم.

## منابع

Aarnos, A., Perkkila, P. (2012). Early Signs of Mathematics Anxiety?. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 1495-1499. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.328

Abbasi Kasani, H., Shams Mourkani, G., Seraji, F., RezaeeZadeh, M. (2020). Learners Assessment tools in e-learning. *Journal of Roshd-e-Fanavari*, 16(61), 23-33. SID https://sid.ir/paper/144995/fa [In Persian]

Abbasi Kasani, H., Shams Mourkani, G., Seraji, F., Rezaeizadeh, M. (2021) Evaluation in e-learning: what, why, how. *Development Strategies in Medical Education*, 8(1), 80-91. 10.52547/dsme.8.1.80. [In Persian]

Aghveranluei, M., Alijani Alijanvand, S. (2019). The effectiveness of using offline electronic tests on test anxiety and test performance of elementary sixth grade boy students. *Information and Communication Technology in Educational Sciences*, 9(36), 60-43. *https://dorl.net/dor/ 20.1001.1.22285318.1398.9.4.3.3*

Albayrak, E. (2024). The effects of design factors on students' success and test anxiety in electronic tests. International Online Journal of Educational Sciences, 6(2).

Allen, M., Vallée-Tourangeau, F. (2016). Interactivity defuses the impact of Mathematics anxiety in primary school children. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(8), 1553–1566. https://doi.org/10.1007/s10763- 015-9659-9.

AnariNejad, A., Jashn Sadeh, M., Zohouri, H. (2022). Reduce Math Anxiety Using Applied and Interactive Methods. *Quarterly Journal of Education in Basic Sciences*, 8(26), 26-35. 20.1001.1.26453649.1401.8.26.3.1 [In Persian]

Arbabi, F. (2022). Investigating the effectiveness of formative assessment strategies in e-learning during COVID-19. A New Approach to Children's Education, 4(3), 197-204. 10.22034/naes.2022.343864.1204 [In Persian]

Asl marz, F. (2011) The impact of evaluation on improving teaching-learning. *Elementary Education Growth*. (57), 50-54. [In Persian]

Badali, M., Seraji, F., Mehraban, J., Zibaparcham, Sh. (2014). The Effect of Using E-Portfolio on Students' Test Anxiety and Self-Esteem. *Quarterly Journal of Educational Psychology*, 10(32), 95-114. [In Persian]

Barzegar-bafroei, K., Kavousian, J., Biabani-Aliabad, H., Khani, R. (2015). The role of cognitive regulation of emotion and problem-solving ability in students' mathematical ability anxiety. *Quarterly Journal of Cognitive Psychology*, 3(3 and 4), 53-60. http://jcp.khu.ac.ir/article-1-2490-fa.html. [In Persian]

Chau, J., Cheng, G. (2010). Towards understanding the potential of e-portfolios for independent learning: A qualitative study. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(7), 932-950. https://doi.org/10.14742/ajet.1026

Chen, B. H., Hsu, M.-S., Chen, M.-H. (2013). The relationship between learning attitude and anxiety in accounting classes: The case of hospitality management university students in Taiwan. *Quality and Quantity*, 47(5), 2815–2827. https://doi.org/10.1007/s11135-012-9691-6.

Chuang, M., Santos, T. C., & Garcia, S. K. C. (2024). Students' Perception of their Math Anxiety when Shifted to Online Learning. *Southeast Asian Journal on Open and Distance Learning*, 2(1), 15-27.

Darvishighazanghi, D., Nikpay, I., Geraei, E. (2022). The effect of simultaneous and asynchronous online assessment methods on the teaching-learning process: A case study of Lorestan University. *Iranian journal of engineering* education *(IJEE),* 24(93), 133-152. 20.1001.1.16072316.1401.24.93.6.1. [In Persian]

Devine, A., Fawcett, K., Szűcs, D., & Dowker, A. (2012). Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety. Behavioral and brain functions, 8(1), 33.

Dondio, P., Gusev, V., & Rocha, M. (2023). Do games reduce maths anxiety? A meta-analysis. Computers & Education, 194, 104650.

Faramarzi, H., Behrozi, N., Farzadi F. (2019). The relationship between Antecedents of Academic Emotions, Identity, Education and Academic Achievement Goals. *Journal of school psychology*, 8(2), 91-112. https://doi.org/10.22098/jsp.2019.815. [In Persian]

Fereydounnezhad, M. (2023). Investigating the effectiveness of the educational management teaching model on controlling math anxiety in students. *Modern Advances in Psychology, Educational Sciences and Education*, 60(6), 199-215. ttps://civilica.com/doc/1707513. [In Persian]

Glass, G. V., Peckham, P. D., & Sanders, J. R. (1972). Consequences of failure to meet assumptions underlying the fixed effects analyses of variance and covariance. Review of educational research, 42(3), 237-288.

Hamid, N. (2006). a survey of dyscalculia and the effects of practical teaching, token economy method and relaxation therapy on the reduction of arithmetics difficulties of primary school

students of tehran. *journal of education and psychology*, 13(2), 119-136. SID. https://sid.ir/paper/8761/en. [In Persian]

Hatami J., Rezaei E., Maleki M. (2021). *Assessment and evaluation in e-learning.* Available from: https://fidibo.com/ebooks [In Persian]

Hung, C. M., Huang, I., Hwang, G. J. (2014). Effects of digital game-based learning on students' self-efficacy, motivation, anxiety, and achievements in learning mathematics. Journal of Computers in Education, 1, 151-166.

Karimi S, Nasr A.R, Boghratian K. (2009). *Lifelong Learning: The Approach of University in 21st Century*. Isfahan: University of Isfahan and Samt. [In Persian]

Khan, B. H. (2004). The people—process—product Continuum in e-learning: the elearning P3 model. *Educational Technology*, 44(5), 33-40.

Lewis, D. (2020). Student anxiety in standardsbased grading in Mathematics courses. *Innovative Higher Education*, 45(2), 153– 164. https://doi.org/10.1007/s10755-019-09489-3

Li, R., Lund, A., Nordsteien, A. (2023). The link between flipped and active learning: A scoping review. *Teaching in Higher Education*, 28(8), 1993-2027.

Luttenberger, S., Wimmer, S., Paechter, M. (2018). Spotlight on math anxiety. *Dove Press Journal: Psychology Research and Behavior Management,* 11, 311-322. https://doi.org/10.2147/PRBM.S141421

Majeed, B.H., Hussain, A.Kh. (2021) The Impact of Reflexive Learning Strategy On Mathematics Achievement By First Intermediate Class Students and Their Attitudes Towards E-Learning. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(7), 3271-3277.

Moore, M.G., Kearsley, G. (2012). Distance Education: A Systems View of Online Learning. *What's New in Education. Cengage Learning*, https://doi.org/10.1080/00131911.2020.1766204

Mousavi, F., Pakzad, Z., Safdari, M. (2017). The Role of Electronic Testing on Reducing Students' Test Anxiety. *Journal: Education and Evaluation (Educational Sciences)*, 10(39), 135-149. https://sid.ir/paper/183371/fa [In Persian]

Mutlu, Y. (2019). Math anxiety in students with and without math learning difficulties. *International Electronic Journal of Elementary Education*, *11*(5), 471-475. https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/755/408

Neiaei, S., Imanzadeh, A., Vahedi, S. (2021). The effectiveness of flipped teaching on mathematic anxiety and mathematic performance in 5th grade students. *Technology of Education Journal (TEJ)*, 15(3), 419-428. http://dx.doi.org/10.22061/tej.2020.5908.2303. [In Persian]

Öztop, F. (2023). Effectiveness of digital technology use in mathematics instruction on reducing students' mathematics anxiety: A meta-analysis. *Erciyes Journal of Education*, 7(1), 22-40. https://doi.org/10.32433/eje.1068755

barze, B. S., Parker, C. S. (1982). The development and validation of a revised version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. *Educational and Psychological Measurement,* 42(2), 551-557.

Rajabian Dehrezeh, M., Sadeghzadeh, S. (2016). A Look at Virtual Education: Perspectives, Infrastructures, Advantages, and Limitations. *Second International Congress on Community Empowerment in Social Sciences, Psychology, and Educational Sciences, Tehran*, https://civilica.com/doc/612661. [In Persian]

Rozgonjuk, D., Kraav, T., Mikkor, K., Orav-Puurand, K., & Taht, K. (2020). Mathematics anxiety among STEM and social sciences students: the roles of mathematics self-efficacy, and deep and surface approach to learning. *International Journal of STEM Education*, *7(*46). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00246-z

Saif A.A. (2018) *Measurement, assessment and evaluation of education*. Tehran: Duran Publishing. [In Persian]

Schwerter, J., Wortha, F., & Gerjets, P. (2022). E-learning with multiple-try-feedback: Can hints foster students' achievement during the semester?. Educational technology research and development, 70(3), 713-736.

Seif A. (2020). *Educational Psychology*. Tehran: doran Publication. [In Persian]

Seraji, F. Attaran, M. (2011). *E-learning: Foundations, Design, Implementation, and Evaluation*. Hamedan: Bu-Ali Sina University Press, in collaboration with the Iranian Association for Curriculum Studies. [In Persian]

Stowell, J. R., Bennett, D. (2010). Effects of online testing on student exam performance and test anxiety. *Journal of Educational Computing Research,* 42(2), 161-171. https://doi.org/10.2190/EC.42.2.b

Zaraii Zavaraki, E., Rezaei, E. (2012) The Impact of Using E-portfolio on Attitude, Motivation and Academic Achievement of Students in Khajeh Nasirddin Toosi University's E- Learning Center. *Journal of Educational measurement*, 2(5), 0-0. [In Persian]

Zhang, J. Zhao, N. Kong, Q. P. (2019). The Relationship Between Math Anxiety and Math Performance: A Meta-Analytic. *Investigation Frontiers in Psychol*, 07 August 2019, *https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01613*