Human Information Interaction. Vol. 10, No. 1 (Spring 2023):1-23.
http://hii.khu.ac.ir
Original Article

Determining user interface accessibility evaluation indicators in virtual education systems using the BWM method

*** Yaqoob Norouzi:** Professor in Knowledge and Information Science. Department of Knowledge and Information Science, University of Qom, Iran. (Corresponding Author)
ynorouzi@gmail.ac.com
Nayereh Jafari Far: MSc in Knowledge and Information Science; Department of Knowledge and Information Science; Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.
Zahra Biglari: MSc in Knowledge and Information Science; Department of Knowledge and Information Science; the University of Qom, Hazrat-e Ma'soumeh University (HMU), Qom. Iran.

Received: 2023/01/18
Revised: 2023/05/07
Accepted: 2023/06/08
Published: 2023/06/10

Abstract

purpose: The article aims to identify and prioritize indicators for evaluating the accessibility capabilities of the user interface in virtual education systems.

Methodology: In step 1, to identify the evaluation indicators from the indicators listed in ISO 9241, a localized checklist was prepared by the virtual education systems inside the country. Then, using the Fuzzy Delphi method and the opinions of experts from the higher education system of Iran in the field of accessibility of education and e-learning systems, the identified indicators were modified and finalized. In the next step, these indicators were prioritized using the BWM method from the point of view of experts, and their importance was determined.

Findings: The final framework of indicators for evaluating the accessibility capabilities of the interaction environment (user interface) of virtual education systems was compiled and prioritized in four general indicators (general guidelines and requirements, inputs, outputs, support services, help, and online documentation) and 24 sub-indices. For this purpose, LINGO software was used. Based on the findings of the research, the component "Compatibility with accessible technologies" won the first rank among all sub-indices. The component "online documentation" was ranked second and "setting accessibility levels" was ranked third. The last rank (rank 24) was awarded to "Camera".

Conclusion: There is no consensus on the standard framework for evaluating the accessibility of virtual education systems. The review of the conducted research showed that there is a research gap in the field of not comprehensively identifying and presenting a comprehensive and coherent picture to evaluate the accessibility of the interaction environment in virtual education systems and it was concluded that to improve the use of virtual education systems, identifying and prioritizing the factors It is necessary to evaluate the accessibility of virtual education systems. The innovation of this article is to provide a comprehensive framework for identifying and prioritizing the accessibility evaluation indicators of the interactive environment in virtual education systems localized for the country. The internet speed in Iran is not high and turning on the camera during virtual classes due to the high volume of the internet it consumes causes disconnection and communication between them. The statistical community of the research was aware of this fact, therefore, according to the existing conditions, they assigned the least weight to this index.

Keywords: Accessibility, fuzzy Delphi, user interface, best-worst method (BWM), virtual education system, interactive environment

Conflicts of Interest: *Not reported.*
Funding: *It did not have a financial sponsor.*

How to cite this article

APA: Norouzi, Y., Jafari Far, N. & Biglari, Z. (2023). Determining user interface accessibility evaluation indicators in virtual education systems using the BWM method. *Human Information Interaction*, 10(1); 1-23. (Persian)

Vancouver: Norouzi Y, Jafari Far N, Biglari Z. Determining user interface accessibility evaluation indicators in virtual education systems using the BWM method. *Human Information Interaction*, 2023; 10(1): 1-23. (Persian)

The Journal of Human Information Interaction is supported by Kharazmi University, Tehran, Iran.
This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 license.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جلد دهم، شماره اول (بهار ۱۴۰۲): ۱-۲۳
http://hii.khu.ac.ir
مقاله اصیل پژوهشی

تعیین شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی با بهره‌گیری از روش BWM

* **دکتر یعقوب نوروزی:** استاد، عضو هیئت‌علمی گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه قم، قم، ایران. (نویسنده مسئول). ynorouzi@gmail.com

نیره جعفری فر: کارشناس ارشد علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم، قم، ایران.

زهرا بیگلری: کارشناس ارشد علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه قم، کارمند دانشگاه حضرت معصومه (س)، قم، ایران.

دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۸
بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۱۷
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۸
انتشار: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: هدف از پژوهش حاضر شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی قابلیت‌های دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی است.

روش پژوهش: در مرحله اول تحقیق، برای شناسایی شاخص‌های ارزیابی از شاخص‌های مندرج در ایزو ۹۲۴۱، سیاهه‌ای بومی‌سازی شده منطبق با سامانه‌های آموزش مجازی در داخل کشور تهیه شد. سپس با بهره‌گیری از روش دلفی فازی و نظرات خبرگان از نظام آموزش عالی کشور، شاخص‌های شناسایی شده، تعدیل و نهایی شدند. در مرحله بعد این شاخص‌ها با استفاده از روش *BWM* از دیدگاه صاحب‌نظران حوزه دسترس‌پذیری سامانه‌های آموزشی و یادگیری الکترونیکی اولویت‌بندی و میزان اهمیت آن‌ها مشخص شد.

نتایج: چارچوب نهایی شاخص‌های ارزیابی قابلیت‌های دسترس‌پذیری محیط تعامل (رابط کاربری) سامانه‌های آموزش مجازی در چهار شاخص کلی (رهنمودهای عمومی و ملزومات، ورودی‌ها، خروجی‌ها، خدمات پشتیبانی، کمک و مستندسازی آنلاین) و با ۲۴ زیرشاخص تدوین و اولویت‌بندی شد. بدین منظور از نرم‌افزار لینگو استفاده شد. بر اساس یافته‌های پژوهش مؤلفه«سازگاری با فناوری‌های دسترس‌پذیری‌ساز» رتبه اول را در بین تمامی زیر شاخص‌ها کسب کرد. مؤلفه «مستندسازی آنلاین» رتبه دوم و «تنظیم سطوح دسترس‌پذیری» رتبه سوم را کسب کردند. آخرین رتبه نیز (رتبه ۲۴) به «دوربین» تعلق گرفت.

نتیجه‌گیری: اتفاق‌نظری در مورد چارچوب استاندارد برای ارزیابی قابلیت دسترس‌پذیری سامانه‌های آموزش مجازی وجود ندارد. در بیان کلی باید گفت با مرور تحقیقات انجام شده در این حوزه، خلأ تحقیقاتی در زمینه عدم شناسایی همه‌جانبه و ارائه تصویر کلی و منسجم جهت ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی دیده شد و این نتیجه حاصل شد که برای بهبود استفاده از سامانه‌های آموزش مجازی، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مرتبط با ارزیابی قابلیت دسترس‌پذیری سامانه‌های آموزش مجازی ضروری است. از نوآوری مقاله حاضر، ارائه چارچوبی جامع برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی به‌صورت بومی شده برای کشور است. سرعت اینترنت در ایران بالا نیست و روشن‌کردن دوربین در زمان برگزاری کلاس‌های مجازی به علت حجم بالای اینترنتی که مصرف می‌کند باعث قطع اتصال و ارتباط فی‌مابین است. جامعه آماری پژوهش به این حقیقت واقف بوده‌اند، به همین خاطر باتوجه‌به شرایط موجود کمترین وزن را به این شاخص اختصاص دادند.

کلمات کلیدی: دسترس‌پذیری، دلفی فازی، رابط کاربری، روش بهترین بدترین، سامانه آموزش مجازی، محیط تعامل.

تعارض منافع: گزارش نشده است.
منبع حمایت‌کننده: حامی مالی نداشته است.

شیوه استناد به این مقاله

اِی.پی.اِی: نوروزی، یعقوب، جعفری فر، نیره، و بیگلری، زهرا. (۱۴۰۲). تعیین شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی با بهره‌گیری از روش BWM. *تعامل انسان و اطلاعات*. ۱۰ (۱): ۱-۲۳.

ونکوور: نوروزی یعقوب، جعفری فر نیره، بیگلری زهرا. تعیین شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی با بهره‌گیری از روش BWM. *تعامل انسان و اطلاعات*. ۱۴۰۲؛ ۱۰ (۱): ۱-۲۳.

انتشار مجله تعامل انسان و اطلاعات با حمایت مالی دانشگاه خوارزمی انجام می‌شود.
انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 0.3 صورت‌گرفته است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مقدمه

جامعه امروز به انعطاف، پویایی و خلاقیت نیاز دارد و این نیازها را نظام آموزشی باید از طریق ایجاد فرصت‌های مناسب برای نوآوری، تعامل، اندیشه‌ورزی، مشکل‌گشایی و چالش با مسائل و مشکلات پیچیده دنیای کنونی برآورده سازد. ویژگی‌های منحصربه‌فرد آموزش مجازی از جمله فرصت استفاده از چندرسانه‌ای‌ها، فرا رسانه‌ها، اتصال و ارتباط با پایگاه‌های دانش جهانی، تعامل و انعطاف‌پذیری که از طریق جهانی‌شدن بیش‌ازپیش گسترش‌یافته است. در این راستا، دانشگاه‌ها سعی دارند تا راهبردهایی را اتخاذ کنند که استفاده از سامانه‌های آموزش مجازی را پشتیبانی کنند، تا بتوانند در جهت پرورش پیامدهای یادگیری و مهارت‌آموزی برای دانش‌آموختگان اثربخش باشند. همان گونه که بازرگان (۱۴۰۰) اشاره دارد، سامانه‌های آموزش مجازی در دوران همه‌گیری کرونا تمام نظام‌های آموزشی، به‌ویژه آموزش عالی جهانی، از جمله ایران را تحت‌تأثیر قرارداد. بدین صورت که کلاس‌های درس حضوری تعطیل و یادگیری مجازی دایر شد. آنچه در محیط آموزش مجازی اتفاق می‌اُفتد ظهور واسطهایی است که به‌عنوان رابط بین محیط آموزش، دانشجو و مدرس تعامل ایجاد می‌کند. از این نوع واسطها تحت عنوان "رابط کاربر" نام‌برده می‌شود. رابط کاربر عامل بسیار تأثیرگذاری در اثربخشی و کیفیت آموزش‌های ارائه شده در محیط‌های الکترونیکی است (نوروزی و عبدالمجید، ۱۳۸۹)؛ بنابراین پرداختن به مقوله ارزیابی دسترس‌پذیری و بررسی آن به‌عنوان یکی از عناصر اصلی در فرایند آموزش از راه دور سهم مهمی را در موفقیت آموزش‌های ارائه شده در آموزش عالی بر عهده خواهد داشت. درصورتی‌که استفاده‌کنندگان نتوانند با سامانه‌های آموزش مجازی تعامل پیدا کنند. این امر عملکرد آنها را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. برای غلبه بر این چالش‌ها، شیوه‌های متفاوتی وجود دارد. مهم‌ترین آن شیوه‌ای است که در بیانیه جهانی آموزش عالی اجلاس جهانی یونسکو، پاریس (۱۹۹۸)، منعکس شده است. در این اعلامیه آمده است: مؤسسات آموزش عالی باید نخستین نهادهایی باشند که از مزیت‌ها و امکانات بالقوه فناوری اطلاعات و ارتباطات بهره‌مند می‌شوند. در این راستا باید به ایجاد محیط‌های نوین آموزشی برای هماهنگی با عصر اطلاعات و تبیین سامانه‌های مجازی بپردازند (فضلی، صفاریان و هاشم نژاد، ۱۳۹۱). این در حالی است که غالباً تصمیم‌های راهبردی و روش‌شناختی جدیدی برای تغییر که ضامن موفقیت باشد به‌خوبی شکل نگرفته است و به نظر می‌رسد مجازی‌شدن به‌عنوان مقوله‌ای مدرن تلقی می‌شود؛ بنابراین بسیاری از دانشگاه‌ها فاقد برنامه‌ریزی مدونی در ایجاد زیرساخت‌های ضروری‌اند. وجود سامانه‌های آموزش مجازی برای اجرای این روش در آموزش عالی لازم و ضروری است. اما سؤالی که مطرح می‌شود این است که سامانه‌های آموزش مجازی موجود و در دسترس تا چه حد قادر هستند تا محیط‌های تعاملی و مشارکتی بیشتری را برای آموزش آنلاین و یا ترکیبی فراهم کنند. ارزیابی در مرکز هر فعالیت و برنامه اجرایی قرار دارد. ارزیابی عملکرد به فرایند سنجش جامع عملکرد و در قالب عباراتی نظیر کارایی، اثربخشی، معنی‌داری، توانمندسازی، قابلیت پاسخگویی در چارچوب اصول و مفاهیمی برای تحقق اهداف و وظایف سامانه اطلاق می‌شود. ارزیابی عملکرد برای سوق‌دادن سامانه‌ها به سمت استفاده صحیح و بهینه بسیار کمک‌کننده است. ارزیابی عملکرد در سامانه‌های آموزش مجازی به ایجاد حس رقابت بین آن‌ها منجر شده و بر عملکرد کلی آموزش مجازی در آموزش عالی تأثیر مثبتی خواهد گذاشت.

تاکنون تحقیقات زیادی در خصوص ارائه چارچوب برای ارزیابی دسترس‌پذیری رابط کاربری سامانه‌های آموزش مجازی انجام نشده است. درنظرگرفتن چارچوبی برای ارزیابی دسترس‌پذیری رابط کاربری سامانه‌های آموزش مجازی به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای تعیین میزان دستیابی آن‌ها به اهداف از پیش تعیین شده در آموزش عالی ضروری به نظر می‌رسد. یکی از ابزارهایی که اغلب در ارزیابی کاربرد دارد شاخص است که نقشی مهم در اصلاح عملکرد سامانه مورد ارزیابی دارد. در واقع، برای تعیین حیطه و محدودهٔ خدمات ارائه شده و تعیین این مطلب که برونداد این خدمات تا چه حد در نیل به اهداف و مشارکت در ابعاد گسترده‌تر اجتماعی آموزش عالی مؤثرند، به تعیین و تشخیص مجموعه‌ای از شاخص‌های عملکردی نیازمند است. تدوین شاخص‌ها، فهرستی از شاخص‌های عملکردی را باتوجه‌به مدیران و مسئولان یادگیری الکترونیکی آموزش عالی کشور قرار می‌دهد. تدوین و به‌کارگیری شاخص‌ها یکی از مهم‌ترین مراحل طرح جامع ارزیابی عملکرد دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی است و درصورتی‌که بادقت و بر اساس اصول و چارچوبی مشخص، علمی و قابل‌استناد تدوین شود، به بازیابی وضعیت موجود و کیفیت عملکرد سامانه‌ها در آموزش عالی منجر خواهد شد. به‌عبارت‌دیگر، می‌توان گفت شناسایی میزان اهمیت و

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

تأثیرگذاری این شاخص‌ها در ارزیابی دسترس‌پذیری رابط کاربری سامانه‌های آموزش مجازی یکی از مهم‌ترین گام‌ها در ارائه چارچوب ارزیابی عملکردشان در حوزه کاربردپذیری و عملکردشان است که می‌تواند مورداستفاده نهادهای ذی‌نفع قرار بگیرد. باتوجه‌به مطالب ذکرشده، در مطالعه حاضر ضمن تعیین شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی از سوی خبرگان حوزه دسترس‌پذیری و یادگیری الکترونیکی در آموزش عالی، همچنین اهمیت هر یک از شاخص‌های تعیین شده در ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی به کمک روش BWM[1] بررسی ، تأیید و سپس در جمع‌بندی نهایی راهکارهایی برای بهبود فرایند ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی در ایران پیشنهاد می‌گردد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

سامانه‌های آموزش مجازی یکی از مهم‌ترین ابزارهاست که عملکرد مؤسسات آموزش عالی را در حوزه یادگیری الکترونیکی در تحقق اهداف بهبود می‌دهد. همچنین به مدیران و دیگر افراد ذی‌نفع در آموزش عالی یاری می‌رساند. ارائه چارچوب ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی منطبق با استانداردهای بین‌المللی ضرورت امروز است. در این راستا، یافته‌های حاصل از بررسی پیشینه‌های فارسی نشان داد که هرچه دانشجویان کارکردن با سامانه‌های آموزش مجازی را آسان‌تر یا کاربردپذیرتر بدانند، از نظام یادگیری الکترونیکی بیشتر استفاده می‌کنند (عسگری نژاد، ۱۴۰۰). ارزیابی مستمر آموخته‌های دانشجویان در فرایند یادگیری در سیستم یادگیری الکترونیکی و بازخورد دادن به آنان اهمیت دارد. با استفاده از سنجش دسترس‌پذیری سامانه‌های آموزش مجازی می‌توان رضایت دانشجویان را سنجید و برای بهبود آن اقدام کرد (بازرگان، ۱۴۰۰). تسهیلگری فرایند یادگیری از عوامل مؤثر در تعیین اثربخشی یادگیری الکترونیکی در نظام آموزش عالی کشور است و ارتباطی بسیار قوی بین رضایت و تمایل در ادامهٔ به‌کارگیری سیستم یادگیری الکترونیکی وجود دارد (زارعی ساروکلایی، شمس، رضایی زاده و قهرمانی، ۱۳۹۹) و در داخل کشور در حال حاضر فناوری، بُعدی است که بیشترین اهمیت را داشته و رضایت از آن بیشترین تأثیر را بر تمایل افراد در ادامه به‌کارگیری سیستم یادگیری الکترونیکی دارا است (احمدی، احمدی و زامیاد، ۱۳۹۱) و بیشترین ضعف در به‌کارگیری سامانه‌های آموزش مجازی عامل ارزیابی است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ شاه‌حسینی و همکاران، ۱۳۹۴).

بررسی تحقیقات انجام‌گرفته در خارج از کشور نیز نشان داد استفاده از سامانه‌های آموزش مجازی در سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته است. اما علی‌رغم پذیرش این سامانه‌ها، چالش‌های قابل‌توجهی در استفاده از سامانه‌های آموزش مجازی وجود دارد. استادان و دانشجویان در مورد قابلیت استفاده از سامانه‌های آموزش مجازی برداشت‌های متفاوتی دارند (کیگت[2] و همکاران، ۲۰۱۴) و دراین‌بین اتفاق‌نظری در مورد چارچوب استاندارد برای ارزیابی قابلیت دسترس‌پذیری سامانه‌های آموزش مجازی وجود ندارد (چوا و دایسون[3]، ۲۰۰۴). پیشرفت در زمینه آموزش مجازی آهسته بوده است و مشکلات مرتبط عمدتاً مرتبط با طراحی رابط کاربری ضعیف سامانه‌های آموزش مجازی است. ارزیابی‌های کاربردی، ابزاری مفید و کارآمد جهت شناسایی محدودیت‌های رابط کاربری سامانه‌های آموزش مجازی است که پس از تشخیص می‌توان به‌راحتی و به‌سرعت نواقص را برطرف نمود که می‌تواند به دانشگاه‌ها در تسریع پذیرش سامانه‌های آموزش مجازی کمک کند (گرنیچ[4]، ۲۰۰۸). بااین‌حال، تمایل به استفاده از چنین سامانه‌هایی عمدتاً به دلیل محتوای بی‌کیفیت و مشکلات طراحی ضعیف رابط کاربر است (محمد[5] و همکاران، ۲۰۲۰). در بیان کلی باید گفت با مرور تحقیقات انجام شده در این حوزه، خلأ تحقیقاتی در زمینه عدم شناسایی همه‌جانبه و ارائه تصویر کلی و منسجم جهت ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی دیده شد و این نتیجه حاصل شد که برای بهبود استفاده از سامانه‌های آموزش مجازی، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مرتبط با ارزیابی قابلیت دسترس‌پذیری سامانه‌های آموزش مجازی ضروری است.

بنابراین، هدف از پژوهش حاضر شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی قابلیت‌های دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی است. بدین منظور در این پژوهش به ارائه چارچوب ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های

[1] BWM: Best-Worst Method
[2] Kiget
[3] Chua & Dyson
[4] Granić
[5] Muhammad

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

آموزش مجازی پرداخته می‌گردد. جهت تحقق هدف اصلی پژوهش سه‌گام اصلی برداشته شد:

- گام اول: انتخاب ایزو ۹۲۴۱ به‌عنوان مدل مناسب ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی

در تحقیقات مختلف، از روش‌های گوناگونی برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی استفاده شده است. همان گونه که آبران[1] و همکاران (۲۰۰۳) اشاره کرده‌اند، سازمان بین‌المللی استاندارد در سه استاندارد جداگانه، ایزو/ آی.ای.سی[2]۹۱۲۶، ایزو آی.تری ای ۶۱۰/۱۲[3] و در تعریفی مهم‌تر و پرکاربردتر نسبت به دو تعریف پیشین، ایزو ۹۲۴۱ شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری را در سامانه‌های نرم‌افزاری را تعیین کرده است. در حقیقت ایزو ۹۲۴۱ قابلیت اجرایی بسیار خوبی داشته، کوتاه بوده و به‌آسانی قابل‌فهم است و به طور گسترده در بسیاری از تحقیقات استفاده شده است (آزتا[4] و همکاران، ۲۰۱۰؛ آمادو–سالواتیرا، ۲۰۱۲؛ مدینه–فلورس و مورالس–گامبوآ، ۲۰۱۵؛ نورهوداتیانا، هیو و سی[5]، ۲۰۱۸).

ازاین‌رو، در مطالعه حاضر به‌عنوان مدل مناسب ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی برگزیده شد. ترجمه ایزو ۹۲۴۱ به‌منظور استانداردسازی فرایند ارزیابی دسترس‌پذیری سامانه‌های مدیریت آموزش مجازی در آموزش عالی، تاکنون توسط محققان زیادی از جمله در کشورهای امریکا، نیجریه، اندونزی بررسی شده و بر مبنای نتایج اغلب مطالعات، سیاهه ارزیابی مبتنی بر ایزو ۹۲۴۱ ابزاری معتبر و پایا برای بررسی دسترس‌پذیری رابط کاربری سامانه‌های آموزش مجازی در کشورهای مختلف جهان شناخته شده است. ازاین‌رو با استفاده از شاخص‌های دسترس‌پذیری مندرج در ایزو ۹۲۴۱، سیاهه‌ای بومی‌سازی شده منطبق با سامانه‌های آموزش مجازی توسط تیم پژوهش طراحی و استفاده شده است. بدین منظور، ابتدا دو مترجم ایرانی مسلط به زبان انگلیسی دو ترجمه جداگانه از نسخه انگلیسی سیاهه ارزیابی به زبان فارسی به عمل آوردند. نسخه فارسی اولیه از دو ترجمه فوق با درنظرگرفتن بهترین ترجمه و اصلاح شکاف‌های موجود از هر گویه به دست آمد. در مرحله بعد دو فرد متخصص در زبان انگلیسی نسخه نهایی تهیه شده را مجدداً به زبان انگلیسی ترجمه کردند. پس از این مرحله نسخه انگلیسی اصلی با نسخه انگلیسی حاصل از ترجمه متخصصین زبان توسط تیم تحقیق با یکدیگر مقایسه شد و در نهایت با انجام اصلاحات لازم و ویرایش توسط کارشناس زبان و ادبیات فارسی، نسخه نهایی فارسی مورد تأیید قرار گرفت. برای بررسی روایی محتوا به شکل کیفی، از ۶ نفر از متخصصان صاحب‌نظر در زمینه دسترس‌پذیری نرم‌افزار و یادگیری الکترونیکی در آموزش عالی که دارای آثار تألیفی (۱. دارای مقاله نمایه شده در حوزه سامانه‌های یادگیری در پایگاه استنادی آی.اس.آی و آی.اس.سی ۲. دارای کتاب تألیفی در حوزه آموزش از راه دور) در این حوزه بودند، درخواست شد تا پس از بررسی سیاهه ارزیابی بر اساس معیارهای رعایت دستور زبان، استفاده از واژه‌های مناسب، قرارگیری عبارات در جای مناسب خود، نظراتشان را ارائه دهند و در خصوص تکمیل سیاهه ارزیابی نظرخواهی شد و در نهایت بنا بر نظر تیم پژوهش و بازخورد از متخصصان آموزش الکترونیکی، تغییرات لازم در نظر گرفته شد و سیاهه ارزیابی پس از اعمال تغییرات نهایی گردید.

- گام دوم: انتخاب روش دلفی فازی به‌منظور تعیین اهمیت شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی

برای تعیین روایی صوری به‌منظور سنجش فهم و درک متخصصان آموزش مجازی از سیاهه ارزیابی دسترس‌پذیری مندرج در ایزو ۹۲۴۱، برای سامانه‌های آموزش مجازی انجام گرفت، از روش دلفی فازی استفاده شد تا در نهایت بنا بر نظر تیم پژوهش و بازخورد از متخصصان آموزش الکترونیکی و دسترس‌پذیری نرم‌افزار تغییرهای لازم در نظر گرفته شود. این تکنیک روشی پیمایشی مبتنی بر نظرهای متخصصان است و سه خصوصیت اصلی دارد که عبارت‌اند از: پاسخ بی‌نام، تکرار و بازخورد کنترل شده و در نهایت پاسخ گروهی آماری (هسو و همکاران، ۲۰۱۰ در بسیاری از موقعیت‌های واقعی، قضاوت متخصصان نمی‌تواند، به‌صورت اعداد کمّی قطعی بیان و تفسیر شود؛ به‌عبارت‌دیگر داده‌ها و اعداد قطعی به‌منظور مدل‌کردن سیستم‌های دنیای واقعی به علت ابهام و عدم‌قطعیت موجود در قضاوت تصمیم‌گیرندگان ناکافی است (کنان و همکاران، ۲۰۱۴). در این راستا به‌منظور غلبه بر این مشکل، نظریه مجموعه‌های

[1] Abran
[2] ISO/IEC 9126
[3] IEEE 610.12
[4] Azeta
[5] Nurhudatiana, Hiu & Ce

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

فازی که به‌وسیله لطفی‌زاده[1] (۱۹۶۵) ارائه شد، ابزار مناسبی برای مقابله با ابهام و عدم‌قطعیت موجود در فرایند تصمیم‌گیری است (بوزون[2] و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین در این پژوهش از روش دلفی فازی به‌منظور تأیید شاخص‌های شناسایی شده مرتبط با قابلیت‌های فناورانه استفاده شد. این روش ترکیبی از روش دلفی و نظریه مجموعه‌های فازی است که توسط ایشیکاوا[3] و همکاران (۱۹۹۳) ارائه شده است.

- گام‌های اجرای روش دلفی فازی در پژوهش:
  - گام اول: شناسایی شاخص‌های ارزیابی مبتنی بر سیاهه ارزیابی دسترس‌پذیری مندرج در ایزو ۹۲۴۱؛
  - گام دوم: جمع‌آوری نظرهای متخصصان آموزش الکترونیکی و دسترس‌پذیری نرم‌افزار. در این گام بعد از شناسایی شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری مندرج در ایزو ۹۲۴۱، گروه تصمیم‌گیری متشکل از خبرگان مرتبط با موضوع پژوهش تشکیل شده و پرسش‌نامه‌ای به‌منظور تعیین مرتبط بودن شاخص‌های شناسایی شده با موضوع اصلی پژوهش برای آن‌ها ارسال می‌شود که در آن متغیرهای زبانی جدول زیر (۱)، برای بیان اهمیت هر شاخص به کار می‌روند. در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شود که به دلیل سادگی در فهم آن به‌دفعات موردتوجه پژوهشگران مختلف قرار گرفت است و در آن=M (l,m,u) یک عدد فازی مثلثی است و l،m و u به ترتیب نمایانگر کوچک‌ترین، محتمل‌ترین و بزرگ‌ترین ارزش ممکن هستند. در جدول ۱ عبارت‌های کلامی برای تأیید شاخص‌های تصمیم‌گیری به روش دلفی فازی آمده است:

جدول ۱. عبارت‌های کلامی برای تأیید شاخص‌های تصمیم‌گیری

متغیر زبانی	معادل فازی	معادل فازی معکوس
اهمیت ندارد	۱-۱-۱	۱-۱-۱
میزان اهمیت تا حدود زیادی کم	۱-۲-۳	۵-۰/۱- ۰/۳۳۳
میزان اهمیت کم	۲-۳-۴	۰/۰-۲۵/۰-۳۳۳/۵
میزان اهمیت نسبتاً کم	۳-۴-۵	۰/۰-۲/۰-۲۵/۳۳۳
کمی ضروری	۴-۵-۶	۰/۰-۱۶۶/۰-۲/۲۵
میزان اهمیت نسبتاً ضروری	۵-۶-۷	۰/۰-۱۴۲/۰-۱۶/۲
ضروری	۶-۷-۸	۰/۰-۱۲۵/۰-۱۴۲/۱۶۶
میزان اهمیت تا حد زیادی ضروری	۷-۸-۹	۰/۰-۱۱۱/۰-۱۲۵/۱۴۲
میزان اهمیت کاملاً ضروری	۹-۹-۹	۰/۰-۱۱۱/۰-۱۱۱/۱۱۱

باتوجه‌به داده‌های جدول ۱ معادل فازی و معادل فازی معکوس شاخص‌های سیاهه ارزیابی دسترس‌پذیری رابط کاربری در سامانه‌های آموزش مجازی تعیین گردید.

- گام سوم: تأیید شاخص‌های پراهمیت: این کار از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه S^* صورت می‌پذیرد. مقدار آستانه از چند طریق محاسبه می‌شود ولی استفاده از مقدار میانگین ارزش شاخص‌ها به‌عنوان مقدار آستانه یکی از قابل‌اعتمادترین روش‌ها است. برای این کار ابتدا باید مقادیر فازی مثلثی نظرات خبرگان محاسبه شده، سپس

[1] Lotfi Zadeh
[2] Bouzon
[3] Ishikawa

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

برای محاسبه میانگین نظرات n پاسخ‌دهنده، میانگین فازی آن‌ها محاسبه شود. بدین منظور لازم است که عدد فازی مثلثی هر شاخص مورد محاسبه قرار گیرد.

محاسبه عدد فازی مثلثی τ برای هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد:

$$\widetilde{a_{ij}} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad ; \forall i = 1,2,\dots,n \quad , \forall j = 1,2,\dots,m \qquad (۱)$$

$$\widetilde{\tau_j} = (a_j, b_j, c_j) \qquad (۲)$$

$$a_j = min(a_{ij}) \qquad (۳)$$

$$b_j = (\prod_{i=1}^{n} b_{ij})^{\frac{1}{n}} \qquad (۴)$$

$$c_j = \max(c_{ij}) \qquad (۵)$$

در روابط بالا، اندیس i به فرد خبره و اندیس j به شاخص تصمیم‌گیری اشاره دارد. aij مقدار ارزش فازی اکتسابی هر شاخص توسط هر تصمیم‌گیرنده و τj میانگین فازی ارزش هر شاخص است؛

همچنین میانگین مقادیر فازی محاسبه شده از طریق رابطه ۶، به روش مرکز ثقل، فازی‌زدایی می‌شود.

$$Crisp = \frac{a + 2b + c}{4} \qquad (۶)$$

بعد از محاسبه مقادیر بالا اگر مقدار فازی‌زدایی شده S̃ ≤τj̃ باشد شاخص موردنظر تأیید و به مرحله اصلی تصمیم‌گیری وارد می‌شود؛ ولی اگر مقدار دی‌فازی S̃ >τj̃ باشد، شاخص موردنظر رد می‌شود.

تأیید شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط رابط کاربری سامانه‌های آموزش مجازی با روش دلفی فازی:

بر اساس نظر چنگ و ویلز[1] (۲۰۱۳) چنانچه اختلاف بین دو مرحله روش دلفی فازی ۰/۲ باشد، فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود و براین‌اساس تفاوت مقادیر دی‌فازی مرحله یک و دو برای شاخص‌های تأییدشده در مقاله حاضر کمتر از ۰/۲ بود. ازاین‌رو روش دلفی فازی اجرا شده در پژوهش حاضر در مجموع در دو دور به انجام رسید .

در مقاله حاضر در مرحلهٔ اول تحقیق، با استفاده از شاخص‌های دسترس‌پذیری مندرج در ایزو ۹۲۴۱، سیاهه‌ای بومی‌سازی شده منطبق با سامانه‌های آموزش مجازی توسط پژوهشگر طراحی در چهار شاخص کلی (رهنمودهای عمومی و ملزومات، ورودی‌ها، خروجی‌ها، خدمات پشتیبانی، کمک و مستندسازی آنلاین) و با ۲۵ زیرشاخص تدوین و به کار گرفته شد. به‌منظور تأیید شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط رابط کاربری سامانه‌های آموزش مجازی، شاخص‌های ارزیابی در قالب سؤال‌های پرسش‌نامه مخصوص روش دلفی فازی قرار گرفتند و از خبرگان خواسته شد مطابق با شرح این روش به سؤال‌ها پاسخ دهند. درنهایت پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌های پرسش‌نامه روش دلفی فازی و طی دو مرحله در مجموع تمامی شاخص‌ها تأیید و انتخاب شدند.

- گام سوم: انتخاب روش BWM؛ به‌منظور اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی.

همان گونه که داوود[2] و همکاران (۲۰۲۱) آورده‌اند بدین جهت که از سامانه‌های نرم‌افزاری، کاربران مختلف با دیدگاه‌های گوناگون استفاده می‌کنند و شاخص‌های ارزیابی که برای یک سامانه نرم‌افزاری در نظر گرفته می‌شود برای تمامی کاربران از ارزش یکسانی برخوردار نیست. به همین خاطر باید در ارزیابی سامانه‌های آموزش مجازی مورداستفاده در آموزش عالی برای

[1] Chang & Wills

[2] Dawood

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

غلبه بر چالش ناسازگاری بین دیدگاه‌های مختلف کاربران که منجر به تصمیم‌گیری نادرست در مورد انتخاب سامانه مناسب می‌شود، ضروری است شاخص‌های دسترس‌پذیری محیط تعامل (رابط کاربری) از نظر افرادی که از دانش لازم در این حوزه برخوردار هستند و به ویژگی‌های لازم آن اشراف دارند برای وزن دادن به شاخص‌های ارزیابی استفاده شود. اینکه چطور وزن به شاخص‌های مختلف اختصاص یابد، اهمیت دارد. ازاین‌رو باید از فن تصمیم‌گیری چند شاخصه[1] استفاده شود. در این فن از روش‌های مختلفی همچون WSM، AHP، revised AHP، WPM، ELECTRE، TOPSIS، PROMETHEE و BWM برای اعطای وزن به گویه‌ها استفاده می‌شود (پوررجبی طالمی، ۱۳۹۷) از بین انواع روش‌های معرفی شده دلایل متعددی وجود دارد که BWM برای تعیین وزن در این تحقیق انتخاب شده است. روش‌های مقایسات زوجی عمدتاً با دو مشکل اصلی روبرو هستند. اولین مشکل روند طولانی آن است، چرا که تمام مقایسات باید با استفاده از مقایسات زوجی انجام شود (صادقی[2] و همکاران، ۲۰۱۶). مشکل دوم عدم سازگاری بین مقایسات است که به دلایل مختلفی مانند کمبود تمرکز یا کمبود اطلاعات می‌تواند رخ دهد با استفاده از دو بردار به‌جای یک ماتریس مقایسه‌ای زوجی کامل، BWM نیازمند مقایسات کمتری نسبت به سایر روش‌های مقایسات زوجی است (فورمن و سلی[3]، ۲۰۰۱) مقایسات کمتر منجر به یک پروژه طولی کمتر و سازگاری بالاتر بین مقایسات است؛ بنابراین، مشکلات مقایسات زوجی با استفاده از BWM کاهش می‌یابد. یکی دیگر از مزایای BWM این است که از روشی بسیار ساختاریافته و قابل‌فهم برای جمع‌آوری داده‌های موردنیاز برای مقایسات زوجی استفاده می‌کند که نتایج بسیار قابل‌اعتماد است، همچنین توسط ارزیابی به‌سادگی درک می‌شوند و به‌آسانی می‌توان برای افزایش سازگاری تجدیدنظر کرد (ون روکل[4]، ۲۰۱۷). BWM توسط رضایی[5] (۲۰۱۵) توسعه‌یافته است و از یک مجموعه خاص از مقایسه‌های زوجی برای تعیین وزن برای شاخص‌های انتخاب شده استفاده می‌کند، بنابراین یک روش جدید است بااین‌حال به‌عنوان روشی معتبر در انجام تحقیق در بخش‌های مختلف موفقیت‌آمیز بوده است که موارد ذکرشده از نوآوری‌های تحقیق حاضر نسبت به سایر تحقیقات است.

- نحوه اجرای روش BWM در پژوهش

گام اول: تعیین مجموعه شاخص‌های تصمیم‌گیری: در این مرحله، شاخص‌های {c1,c2,...,cn} که برای دستیابی به یک تصمیم مورداستفاده قرار می‌گیرند، را در نظر می‌گیریم. در این مرحله با تهیه پرسش‌نامه مخصوص روش BWM و توزیع آن در میان جامعه آماری، اوزان شاخص‌های سیاهه ارزیابی دسترس‌پذیری رابط کاربری در سامانه‌های آموزش مجازی تأییدشده گام قبلی (دلفی فازی)، طبق مراحل تشریح شده این روش، محاسبه شد؛ بدین منظور ابتدا مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین شاخص ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی مشخص شدند. سپس برای هر بخش نیز مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین شاخص در ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی تعیین شد. در گام بعد به تعیین بُردار ارجحیت پراهمیت‌ترین شاخص ارزیابی نسبت به دیگر شاخص‌ها پرداخته می‌شود. برای تعیین این بُردار از جامعه آماری خواسته شده است تا ارجحیت پراهمیت‌ترین شاخص ارزیابی را نسبت به سایر عوامل و شاخص‌ها از عدد ۱ تا ۹ مشخص نمایند. سپس بُردار ارجحیت دیگر شاخص‌ها نسبت به کم‌اهمیت‌ترین شاخص تعیین می‌شود. برای تعیین این بُردار نیز مانند گام قبل عمل شد تا ارجحیت هر شاخص ارزیابی را نسبت به بدترین شاخص از عدد ۱ تا ۹ مشخص نمایند. برتری پراهمیت‌ترین شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها، سپس برتری هر شاخص نسبت به بدترین شاخص با اعداد صحیح ۱ تا ۹ مطابق جدول ۲ سنجیده شد.

[1] MCDM: Multiple Criteria Decision Making
[2] Sadeghi
[3] Forman & Selly
[4] Van Roekel
[5] Rezaei

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول ۲. اعداد متناظر با انواع ترجیحات در مقایسه‌های زوجی

ترجیحات	ترجیحات یکسان	ترجیح مرجح	ترجیح کمی قوی	ترجیح خیلی قوی	کاملاً مرجح	بینابین
اعداد صحیح	۱	۳	۵	۷	۹	۲ و ۴ و ۶ و ۸

جدول ۲ نحوه وزن‌دهی شاخص‌ها را نسبت به پراهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین شاخص نشان می‌دهد. در BWM شاخص توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود و مقایسه زوجی بین هر یک از این دو شاخص (بااهمیت‌ترین (B) و کم‌اهمیت‌ترین (W)) و دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد؛ سپس یک مسئله حداکثر و حداقل برای مشخص‌کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و حل می‌شود؛ همچنین در این روش فرمولی برای محاسبه نرخ ناسازگاری به‌منظور بررسی اعتبار مقایسات در نظر گرفته شده است.

- **گام دوم:** بهترین (به‌عنوان‌مثال بااهمیت‌ترین، مهم‌ترین) و بدترین (به‌عنوان‌مثال کم‌اهمیت‌ترین) شاخص را تعیین می‌شود. در این مرحله شخص تصمیم‌گیرنده، بهترین و بدترین شاخص را به‌صورت کلی مشخص می‌نماید و هیچ مقایسه‌ای انجام نمی‌شود .
- **گام سوم:** ارجحیت بهترین شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها را با استفاده از اعدادی بین ۱ تا ۹ مشخص نمایید. بُردار بهترین نسبت به سایرین می‌تواند به شکل زیر باشد.

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

که در آن aBj برتری بهترین شاخص B را برای شاخص j نشان می‌دهد. بدیهی است که رابطه ذیل برقرار است.

$$a_{BB} = 1$$

- **گام چهارم:** ارجحیت تمامی شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص با استفاده از اعداد بین ۱ تا ۹ مشخص نمایید. بُردار برتری سایرین به بدترین شاخص به شرح ذیل خواهد بود.

$$A_w = (a_{1w}, a_{2w}, \dots, a_{nw})^T$$

که در آن ajw برتری شاخص j را بر بدترین شاخص یعنی W نشان می‌دهد. بدیهی است که رابطه ذیل برقرار است.

$$a_{ww} = ۱$$

- **گام پنجم:** یافتن مقادیر بهینه وزن‌ها (w1*,w2*,...,wn*): وزن بهینه برای شاخص‌ها، وزنی که در آن، برای هر زوج $\frac{w_b}{w_j}$ و $\frac{w_j}{w_w}$، رابطه ذیل برقرار باشد.

$$\frac{w_j}{w_w} = a_{jw}$$

و $\frac{w_b}{w_j} = a_{Bj}$

برای برقرار این شرایط برای تمامی jها، باید راه‌حلی را بیابیم که در آن حداکثر تفاوت‌های مطلق یعنی $\frac{w_b}{w_j} - a_{Bj}$ و $\left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right|$ برای تمامی j ها حداقل باشد.

با درنظرگرفتن منفی نبودن مقادیر و شرایط جمع اوزان، مسئله ذیل حاصل می‌گردد.

رابطه ۱

$$\min \max_j \left\{\left|\frac{w_b}{w_j} - a_{Bj}\right|, \left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right|\right\}$$

s.t.

$$\sum_j w_j = ۱$$

برای تمام jها

$$W_j \geq 0, \text{ for all } j$$

مسئله مدل رابطه ۱ را می‌تواند به مسئله ذیل تبدیل گردد.

رابطه ۲

$$\min \xi$$

s.t.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

$$\left|\frac{w_b}{w_j} - a_{Bj}\right| \le \xi$$

برای تمام jها

$$\left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right| \le \xi$$

برای تمام jها

$$\sum_j w_j = 1$$

$$W_j \ge 0, \text{ for all}$$

برای تمان jها

با حل مسئله فوق، اوزان بهینه $(w_1^*, w_2^*, \ldots, w_n^*)$ و ξ^* به دست می‌آیند.

در ادامه با استفاده از ξ^* ، نسبت سازگاری معرفی می‌شود. هرچه که مقدار ξ^*بزرگ‌تر باشد، مقدار نسبت سازگاری بالاتر رفته و مقایسات از قابلیت اطمینان کمتری برخوردار هستند.

نسبت سازگاری

مقایسه زمانی به‌صورت کامل سازگار است که رابطه ذیل برای تمامی jها برقرار باشد.

$a_{Bj} \times a_{jw} = a_{BW}$ که در آن a_{Bj}، a_{jw} و a_{Bw} به ترتیب اولویت‌های پراهمیت‌ترین شاخص نسبت به شاخص j، اولویت شاخص j نسبت به کم‌اهمیت‌ترین شاخص، و اولویت پراهمیت‌ترین شاخص نسبت به کم‌اهمیت‌ترین شاخص خواهند بود. ازآنجایی‌که $a_{Bj} \times a_{jw} = a_{BW}$ و $a_{BW} \in \{۱,۲,۳, \ldots, 9\}$ است، می‌توان حداکثر مقدار ξ را به دست آورد. با استفاده از شاخص سازگاری جدول زیر و رابطه آن مقدار نرخ سازگاری را محاسبه کرد. این نرخ سازگاری در بازه [۰,۱] قرار می‌گیرد و هر چه به صفر نزدیکتر باشد مقایسات از سازگاری و ثبات بیشتری برخوردارند و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد مقایسات از سازگاری و ثبات کمتری برخوردارند.

جدول3 . شاخص سازگاری روش BWM

a_{Bw}	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
شاخص سازگاری	۰/۰۰	۰/۴۴	۱/۰۰	۱/۶۳	۲/۳۰	۳/۰۰	۳/۷۳	۴/۴۷	۵/۲۳

نرخ سازگاری= $\frac{\xi^*}{\text{شاخص سازگاری}}$

رابطه ۲ یک مدل غیرخطی است که رضایی (۲۰۱۶) به تبدیل آن به یک مدل خطی پرداخت (رابطه ۳). در این مدل خطی اوزان شاخص‌ها نیز محاسبه می‌شود یکی از مزیت‌های این مدل خطی، محاسبه نرخ ناسازگاری بدون استفاده از شاخص سازگاری است. یعنی مقدار ξ^I همان نرخ ناسازگاری است. همچنین وزن‌های این مدل خطی از دقت بیشتری برخوردار هستند.

$$\min \xi^I$$
$$\text{s.t.}$$
$$|w_b - a_{Bj}.w_j| \le \xi^I$$

برای تمام jها

$$|w_j - a_{jw}.w_w| \le \xi^I$$

برای تمام jها

$$\sum_j w_j = 1$$
$$W_j \ge 0, \text{ for all } j$$

برای تمام jها

رابطه (۳)

در نهایت با حل مدل‌های فوق برای شاخص اصلی و هر یک از زیر شاخص‌ها مقادیر بهینه وزن‌ها حاصل شد که در نهایت

تعامل انسان و اطلاعات
جلد دهم، شماره اول (بهار ۱۴۰۲): ۱-۲۳
http://hii.khu.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

می‌توان وزن نهایی هر یک از عوامل را باتوجه‌به سلسله‌مراتب بودن شاخص‌ها از حاصل‌ضرب وزن هر شاخص اصلی در زیر شاخص مربوط به آن به دست آورد.

روش پژوهش

این پژوهش از نظر نوع هدف، تحقیقی کاربردی بوده و هدف این گونه تحقیقات توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است. به دلیل وجود عامل‌های تخصصی در سیاهه ارزیابی دسترس‌پذیری نرم‌افزارهای آموزش مجازی بر اساس ایزو ۹۲۴۱ که مدیران و کارشناسان عمومی فاقد دانش لازم برای پاسخگویی به آن هستند؛ لذا متخصصانی از آموزش عالی که تجربه فعالیت در زمینه موضوع مورد پژوهش را داشتند، برای شناسایی و وزن‌دهی به شاخص‌های سیاهه ارزیابی باتوجه‌به ملاک‌های ورود به پژوهش:

دارای پایان‌نامه و یا مقاله در حوزه دسترس‌پذیری نرم‌افزار؛
دارای کتاب تکلیفی در حوزه آموزش مجازی؛
دارای کتاب تألیفی در حوزه دسترس‌پذیری نرم‌افزار؛
دارای پایان‌نامه و یا مقاله در حوزه آموزش مجازی؛
تجربه کار عملی با میز مرجع مجازی و سامانه‌های آموزش مجازی؛
سابقه تدریس در حوزه نرم‌افزار و یا آموزش مجازی.

به تعداد ۱۵ نفر انتخاب شدند که در نهایت ۱۱ نفر در تکمیل پرسش‌نامه‌های شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری رابط کاربری در سامانه‌های آموزش مجازی همکاری کردند. در این پژوهش، ضمن شناسایی شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعامل در سامانه‌های آموزش مجازی، به اولویت‌بندی آنها نیز پرداخته شد. در گام اول با بررسی استانداردهای موجود در حوزه ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی، سیاهه ارزیابی مبتنی بر ایزو ۹۲۴۱ ابزاری معتبر و پایا برای بررسی دسترس‌پذیری رابط کاربری سامانه‌های آموزش مجازی در کشورهای مختلف جهان شناخته شده است، بکار گرفته شد. سپس این سیاهه ارزیابی در اختیار خبرگان آموزش عالی در حوزه دسترس‌پذیری نرم‌افزار و یادگیری الکترونیکی قرار گرفت، سپس شاخص‌های ارزیابی موردنظر پس از بررسی جامعه موردمطالعه و بر اساس نظر خبرگان با روش دلفی فازی همان گونه در بخش مبانی نظری اشاره شد نهایی و انتخاب شدند. در گام بعد با تهیه پرسش‌نامه مخصوص روش BWM و توزیع آن در میان جامعه آماری حوزه دسترس‌پذیری نرم‌افزار و آموزش مجازی، اوزان شاخص‌های ارزیابی تأییدشده در مرحله قبل، با استفاده از روش BWM همان گونه در بخش مبانی نظری اشاره شد، به دست آمد؛ بدین منظور از نرم‌افزار لینگو بهره گرفته شد.

یافته‌ها

- تأیید شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی با روش دلفی فازی

با استفاده از شاخص‌های دسترس‌پذیری مندرج در ایزو ۹۲۴۱، سیاهه‌ای بومی‌سازی شده منطبق با سامانه‌های آموزش مجازی در چهار شاخص کلی شامل رهنمودهای عمومی و ملزومات، ورودی‌ها، خروجی‌ها، خدمات پشتیبانی، کمک و مستندسازی آنلاین و با ۲۴ زیرشاخص و مؤلفه فرعی تدوین شد. به‌منظور تأیید، شاخص‌های ارزیابی در قالب سؤال‌های پرسش‌نامه مخصوص روش دلفی فازی قرار گرفتند و از خبرگان خواسته شد مطابق با شرح این روش به سؤال‌ها پاسخ دهند. در نهایت پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌های پرسش‌نامه روش دلفی فازی و طی دو مرحله در مجموع شاخص‌ها باتوجه‌به پاسخ آماری امتیازدهی و تعیین وضعیت شدند. نتایج اولیه از نظرات خبرگان در مرحله دوم پنل دلفی در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴. نتایج نظرات خبرگان

شاخص	زیرشاخص	میزان اهمیت								
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
رهنمودهای عمومی و ملزومات	نام‌گذاری صحیح عناصر رابط کاربری	۰	۰	۰	۰	۳	۱	۱	۳	۳
	قابلیت شخصی‌سازی امکانات برای کاربر	۰	۰	۰	۰	۳	۱	۲	۲	۳
	تنظیم سطوح دسترس‌پذیری	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۴	۱	۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

	راهنماهای عملیاتی و کنترل عمومی	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۱	۶
	سازگاری با فناوری‌های دسترس‌پذیرش ساز	۰	۰	۰	۲	۲	۰	۱	۶
	سامانه‌های بسته	۰	۰	۰	۲	۲	۱	۳	۳
ورودی‌ها	به‌کارگیری گزینه‌های ورودی جایگزین	۰	۰	۰	۳	۱	۱	۲	۴
	تمرکز صفحه‌کلید	۰	۰	۰	۲	۱	۳	۳	۲
	ورودی صفحه‌کلید (وجود کلیدهای تسهیلگر و میان‌بر)	۰	۰	۰	۲	۱	۲	۱	۵
	ورودی صفحه‌کلید ابزارهای اشاره‌گر (همانند موس)	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۳	۶
	میکروفون	۰	۰	۰	۲	۱	۲	۱	۵
	دوربین	۰	۰	۰	۲	۳	۱	۳	۲
خروجی‌ها	رهنمودهای عمومی خروجی	۰	۰	۰	۲	۳	۱	۲	۳
	خروجی‌های دیداری (نمایش)	۰	۰	۰	۲	۲	۰	۲	۵
	متن‌ها/قلم‌ها	۰	۰	۰	۳	۱	۱	۲	۴
	رنگ‌بندی	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۰	۷
	رفتار و نمایش پنجره‌ها	۰	۰	۰	۲	۲	۳	۱	۳
	خروجی صوتی	۰	۰	۰	۰	۲	۶	۲	۱
	معادل متنی اصوات (شرح)	۰	۰	۰	۳	۱	۱	۲	۴
	رسانه	۰	۰	۰	۰	۲	۲	۴	۳
	خروجی لمسی	۰	۰	۰	۲	۲	۳	۰	۴
راهنما،	مستندسازی آنلاین	۰	۰	۰	۰	۳	۲	۲	۴
مستندسازی آنلاین و خدمات	راهنما	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۴	۵
پشتیبانی	خدمات پشتیبانی	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۸

در جدول ۴، شمارش نظرات خبرگان به شاخص‌های پژوهش آورده شده است. برای فازی‌سازی اعداد، ابتدا بر اساس طیف جدول ۱، به عدد فازی تبدیل شد، سپس بر اساس روابط ۱ تا ۳ میانگین فازی از امتیازات اخذ شد و سپس مبتنی بر داده‌های جدول ۴ میانگین فازی به عدد قطعی تبدیل شدند. نتایج کلیه محاسبات فازی‌سازی در مرحله دوم دلفی، در جدول ۵ آورده شده است:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول ۵. نتایج دلفی فازی

شاخص	زیرشاخص	امتیاز فازی	امتیاز غیرفازی	وضعیت
رهنمودهای عمومی و ملزومات	۱. نام‌گذاری صحیح عناصر رابط کاربری	(۹.۰۹,۱۸۲.۷,۴۵۵.۶)	۷/۱۸۲	تأیید
	۲. قابلیت شخصی‌سازی امکانات برای کاربر	(۸.۱۸,۰۹۱.۷,۳۶۴.۶)	۷/۰۹۱	تأیید
	۳. تنظیم سطوح دسترس‌پذیری	(۲.۷۳,۶۳۶.۷,۷)	۷/۶۳۶	تأیید
	۴. راهنماهای عملیاتی و کنترل عمومی	(۱.۸۲,۷۲۷.۷,۲۷۳.۷)	۷/۷۲۷	تأیید
	۵. سازگاری با فناوری‌های دسترس پذیرساز	(۰.۹۱,۶۳۶.۷,۱۸۲.۷)	۷/۶۳۶	تأیید
	۶. سامانه‌های بسته	(۸,۲۷۳.۷,۵۴۵.۶)	۷/۲۷۳	تأیید
ورودی‌ها	۷. به‌کارگیری گزینه‌های ورودی جایگزین	(۹.۰۹,۲۷۳.۷,۶۳۶.۶)	۷/۲۷۳	تأیید
	۸. تمرکز صفحه‌کلید	(۸,۱۸۲.۷,۳۶۴.۶)	۷/۱۸۲	تأیید
	۹. ورودی صفحه‌کلید (وجود کلیدهای تسهیلگر و میان‌بر)	(۰.۹۱,۵۴۵.۷,۷)	۷/۵۴۵	تأیید
	۱۰. ورودی صفحه‌کلید ابزارهای اشاره‌گر (همانند موس)	(۶.۳۶,۱۸۲.۸,۷۲۷.۷)	۸/۱۸۲	تأیید
	۱۱. میکروفون	(۰.۹۱,۵۴۵.۷,۷)	۷/۵۴۵	تأیید
	۱۲. دوربین	(۸.۱۸,۷,۱۸۲.۶)	۷/۰۰۰	تأیید
خروجی‌ها	۱۳. رهنمودهای عمومی خروجی	(۸.۱۸,۰۹۱.۷,۳۶۴.۶)	۷/۰۹۱	تأیید
	۱۴. خروجی‌های دیداری (نمایش)	(۰.۹۱,۵۴۵.۷,۷)	۷/۵۴۵	تأیید
	۱۵. متن‌ها/قلم‌ها	(۹.۰۹,۲۷۳.۷,۶۳۶.۶)	۷/۲۷۳	تأیید
	۱۶. رنگ‌بندی	(۱.۸۲,۸۱۸.۷,۴۵۵.۷)	۷/۸۱۸	تأیید
	۱۷. رفتار و نمایش پنجره‌ها	(۸.۱۸,۰۹۱.۷,۳۶۴.۶)	۷/۰۹۱	تأیید
	۱۸. خروجی صوتی	(۰.۹۱,۱۸۲.۷,۲۷۳.۶)	۷/۱۸۲	تأیید
	۱۹. معادل متنی اصوات (شرح)	(۹.۰۹,۲۷۳.۷,۶۳۶.۶)	۷/۲۷۳	تأیید
	۲۰. رسانه	(۴.۵۵,۷۲۷.۷,۷)	۷/۷۲۷	تأیید
	۲۱. خروجی لمسی	(۸.۱۸,۱۸۲.۷,۵۴۵.۶)	۷/۱۸۲	تأیید
راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی	۲۲. مستندسازی آنلاین	(۲.۷۳,۶۳۶.۷,۷)	۷/۶۳۶	تأیید
	۲۳. راهنما	(۵.۴۵,۸,۴۵۵.۷)	۸/۰۰۰	تأیید
	۲۴. خدمات پشتیبانی	(۶.۳۶,۳۶۴.۸,۰۹۱.۸)	۸/۳۶۴	تأیید

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

در این پژوهش عدد آستانه ۷ در نظر گرفته شد (ویو و فانگ[21]، ۲۰۱۱) بر اساس یافته‌های جدول ۵ مشخص شد که پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌های پرسش‌نامه روش دلفی فازی و طی دو مرحله در مجموع تمامی ۲۴ شاخص جهت ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی تأیید و انتخاب شده‌اند.

- وزن‌دهی شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی با روش BWM

در این مرحله با تهیه پرسش‌نامه مخصوص BWM و توزیع آن در میان خبرگان، اوزان شاخص‌های سیاهه ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی تأییدشده مرحله قبلی (دلفی فازی)، طبق مراحل تشریح شده، محاسبه شد؛

بدین منظور ابتدا مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین شاخص منطبق با نظرات خبرگان استخراج شدند. سپس برای هر بخش نیز به‌صورت جداگانه مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین شاخص تعیین شد که در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶ با اهمیت‌ترین و کم اهمیت‌ترین شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی

دسته اصلی	بااهمیت‌ترین (B)	کم‌اهمیت‌ترین (W)
شاخص‌های اصلی	رهنمودهای عمومی و ملزومات	ورودی‌ها
رهنمودهای عمومی و ملزومات	سازگاری با فناوری‌های دسترس پذیرساز	سامانه‌های بسته
ورودی‌ها	به‌کارگیری گزینه‌های ورودی جایگزین	دوربین
خروجی‌ها	خروجی‌های دیداری (نمایش)	خروجی لمسی
راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی	مستندسازی آنلاین	راهنما

در گام بعد به تعیین بُردار ارجحیت بااهمیت‌ترین شاخص ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی نسبت به دیگر شاخص‌ها پرداخته می‌شود. برای تعیین این بُردار از خبرگان خواسته شده است تا ارجحیت بااهمیت‌ترین شاخص را نسبت به سایر عوامل و شاخص‌ها از عدد ۱ تا ۹ مشخص نمایند. سپس بُردار ارجحیت دیگر شاخص‌ها نسبت به کم‌اهمیت‌ترین شاخص تعیین می‌شود. برای تعیین این بُردار نیز از خبرگان خواسته شده است تا ارجحیت هر شاخص را نسبت به کم‌اهمیت‌ترین شاخص از عدد ۱ تا ۹ مشخص نمایند.

در گام بعد می‌بایست مقایسات زوجی بهترین شاخص با دیگر شاخص‌ها (BO) و مقایسه زوجی دیگر شاخص‌ها با بدترین شاخص (OW) را تشکیل و در اختیار ۱۱ نفر خبره قرارداد تا به مقایسات زوجی پاسخ دهند سپس بعد از پاسخگویی، مقایسات زوجی با استفاده از روش میانگین هندسی ادغام می‌شوند تا جهت تعیین وزن وارد الگوریتم روش BWM شوند که در ادامه آورده شده است.

- محاسبه وزن شاخص‌های اصلی

برای محاسبه وزن شاخص‌های اصلی، ابتدا مقایسه زوجی بهترین شاخص یعنی رهنمودهای عمومی و ملزومات با دیگر شاخص‌ها را تشکیل می¬دهیم. همچنین به طریق مشابه مقایسه زوجی دیگر شاخص‌ها با بدترین شاخص یعنی خروجی‌ها را نیز ایجاد خواهد شد. نتایج مقایسه زوجی شاخص‌های اصلی در جدول ۷ آورده شده است. این جدول میانگین هندسی نظرات ۱۱ خبره است.

[21] Wu & Fang

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول7 . مقایسات زوجی شاخص‌های اصلی

BO	A	B	C	D
A	-	۸/۵۰۶	۳/۹۷۳	۳/۷۲۶

OW	A	B	C	D
B	-	-	۲/۳۲۵	۲/۴۴۲

باتوجه‌به جدول ۷، مدل خطی BWM شاخص‌های اصلی به‌صورت زیر تشکیل می¬شوند.

min Z
|W1-۸.506×w2|≤z
|W1-۳.973×w3|≤z
|W1-۳.726×w4|≤z
|w3-۲.325×W2|≤z
|w4-۲.442×W2|≤z
w1+w2+w3+w4=۱

مدل‌بالا در نرم‌افزار لینگو حل شد و اوزان شاخص‌ها حاصل می¬شود که در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸. وزن شاخص‌های اصلی

کد شاخص	شاخص	وزن	رتبه
A	رهنمودهای عمومی و ملزومات	۰/۶۰۹	۱
D	راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی	۰/۱۶۶	۲
C	خروجی‌ها	۰/۱۵۵	۳
B	ورودی‌ها	۰/۰۷۱	۴

باتوجه‌به جدول ۸، شاخص رهنمودهای عمومی و ملزومات با وزن ۰/۶۰۹ رتبه اول را کسب کرده است. شاخص راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی با وزن ۰/۱۶۶ رتبه دوم و شاخص خروجی‌ها با وزن ۰/۱۵۵ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری (Z) این مقایسه زوجی ۰/۰۰۸ است که نشان‌دهنده سازگاری بالا است.

- محاسبه وزن زیرشاخص‌های رهنمودهای عمومی و ملزومات

شاخص رهنمودهای عمومی و ملزومات دارای ۶ زیرشاخص است که مقایسه زوجی آن‌ها در جدول ۹ آورده شده است. این جدول مقایسه زوجی نیز از میانگین هندسی نظرات ۱۱ خبره حاصل شده است.

جدل ۹. مقایسات زوجی زیرشاخص‌های رهنمودهای عمومی و ملزومات

BO	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A5	۳/۱۰۶	۳/۴۳۲	۳/۰۹۴	۳/۷۵۶	-	۸/۳۲۶

OW	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A6	۲/۷۳۷	۲/۵۷	۲/۷۷	۲/۳۱۸	-	-

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

باتوجه‌به جدول ۹، مدل خطی BWM زیرشاخص‌های رهنمودهای عمومی و ملزومات به‌صورت زیر تشکیل می‌شوند.

min Z

|W5-۳.۱۰۶×w1|≤z

|W5-۳.۴۳۲×w2|≤z

|W5-۳.۰۹۴×w3|≤z

|W5-۳.۷۵۶×w4|≤z

|W5-۸.۳۲۶×w6|≤z

|w1-۲.۷۳۷×W6|≤z

|w2-۲.۵۷×W6|≤z

|w3-۲.۷۷×W6|≤z

|w4-۲.۳۱۸×W6|≤z

w1+w2+w3+w4+w5+w6=۱

مدل‌بالا در نرم‌افزار لینگو حل گردید و اوزان شاخص‌ها حاصل شد که در جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۹. وزن زیرشاخص‌های رهنمودهای عمومی و ملزومات

کد شاخص	شاخص	وزن	رتبه
A5	سازگاری با فناوری‌های دسترس پذیرساز	۰/۴۲۸	۱
A3	تنظیم سطوح دسترس‌پذیری	۰/۱۴۰	۲
A1	نام‌گذاری صحیح عناصر رابط کاربری	۰/۱۳۹	۳
A2	قابلیت شخصی‌سازی امکانات برای کاربر	۰/۱۲۶	۴
A4	راهنماهای عملیاتی و کنترل عمومی	۰/۱۱۵	۵
A6	سامانه‌های بسته	۰/۰۵۱	۶

باتوجه‌به داده‌های جدول ۱۰، در بین زیرشاخص‌های رهنمودهای عمومی و ملزومات، سازگاری با فناوری‌های دسترس پذیرساز با وزن ۰/۴۲۸ رتبه اول را کسب کرده است. تنظیم سطوح دسترس‌پذیری با وزن ۰/۱۴ رتبه دوم و نام‌گذاری صحیح عناصر رابط کاربری با وزن ۰/۱۳۹ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۰۴ است.

- محاسبه وزن زیرشاخص‌های ورودی‌ها

شاخص ورودی‌ها دارای ۶ زیرشاخص است که مقایسه زوجی آن‌ها در جدول ۱۱ آورده شده است. این جدول مقایسه زوجی نیز از میانگین هندسی نظرات ۱۱ خبره حاصل شده است.

جدول ۱۱. مقایسات زوجی زیرشاخص‌های ورودی‌ها

BO	B1	B2	B3	B4	B5	B6
B1	-	۲۷۶.۳	۹۶۵.۲	۴۸۹.۳	۰۱۱.۴	۶۱.۸

OW	B1	B2	B3	B4	B5	B6
B6	-	۹۱۵.۲	۰۲۴.۳	۵۶۱.۲	۲۱.۲	-

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

باتوجه‌به جدول ۱۱، مدل خطی BWM زیرشاخص‌های ورودی‌ها به‌صورت زیر تشکیل می¬شوند.

min Z

|W1-۳.۲۷۶×w2|≤z

|W1-۲.۹۶۵×w3|≤z

|W1-۳.۴۸۹×w4|≤z

|W1-۴.۰۱۱×w5|≤z

|W1-۸.۶۱×w6|≤z

|w2-۲.۹۱۵×W6|≤z

|w3-۳.۰۲۴×W6|≤z

|w4-۲.۵۶۱×W6|≤z

|w5-۲.۲۱×W6|≤z

w1+w2+w3+w4+w5+w6=۱

مدل‌بالا در نرم‌افزار لینگو حل شد و اوزان شاخص‌ها حاصل گردید که در جدول ۱۲ آورده شده است.

جدول ۱۰. وزن زیرشاخص‌های ورودی‌ها

کد شاخص	شاخص	وزن	رتبه
B1	به‌کارگیری گزینه‌های ورودی جایگزین	۰/۴۳۲	۱
B3	ورودی صفحه‌کلید (وجود کلیدهای تسهیلگر و میان‌بر)	۰/۱۴۹	۲
B2	تمرکز صفحه‌کلید	۰/۱۳۴	۳
B4	ورودی صفحه‌کلید ابزارهای اشاره‌گر (همانند موس)	۰/۱۲۶	۴
B5	میکروفون	۰/۱۱۰	۵
B6	دوربین	۰/۰۴۹	۶

باتوجه‌به جدول ۱۲، در بین زیرشاخص‌های ورودی‌ها، به‌کارگیری گزینه‌های ورودی جایگزین با وزن ۰/۴۳۲ رتبه اول را کسب کرده است. ورودی صفحه‌کلید (وجود کلیدهای تسهیلگر و میان‌بر) با وزن ۰/۰۱۴۹ رتبه دوم و تمرکز صفحه‌کلید با وزن ۰/۱۳۴ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۰۸ است.

- محاسبه وزن زیرشاخص‌های خروجی‌ها

شاخص خروجی‌ها دارای ۹ زیرشاخص است که مقایسه زوجی آن‌ها در جدول ۱۳ آورده شده است. این جدول مقایسه زوجی نیز از میانگین هندسی نظرات ۱۱ خبره حاصل شده است.

جدول ۱۳. مقایسات زوجی زیرشاخص‌های خروجی‌ها

BO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C2	۳/۱۰۶	-	۳/۱۰۶	۲/۷۳۸	۲/۹۷۶	۳/۳۴۳	۳/۴۶۵	۳/۵۴۳	۸/۷۰۳

OW	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C9	۲/۷۲۸	-	۲/۸۳	۳/۰۹۴	۳/۰۱۴	۲/۶۵۷	۲/۵۳۴	۲/۴۲۲	-

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

باتوجه‌به جدول ۱۳، مدل خطی BWM زیرشاخص‌های خروجی‌ها به‌صورت زیر تشکیل می‌شوند.

min Z
|W2-۳.۱۰۶×w1|≤z
|W2-۳.۱۰۶×w3|≤z
|W2-۲.۷۳۸×w4|≤z
|W2-۲.۹۷۶×w5|≤z
|W2-۳.۳۴۳×w6|≤z
|W2-۳.۴۶۵×w7|≤z
|W2-۳.۵۴۳×w8|≤z
|W2-۸.۷۰۳×w9|≤z
|w1-۲.۷۲۸×W9|≤z
|w3-۲.۸۳×W9|≤z
|w4-۳.۰۹۴×W9|≤z
|w5-۳.۰۱۴×W9|≤z
|w6-۲.۶۵۷×W9|≤z
|w7-۲.۵۳۴×W9|≤z
|w8-۲.۴۴۲×W9|≤z
w1+w2+w3+w4+w5+w6+w7+w8+w9=۱

مدل‌بالا در نرم‌افزار لینگو حل شد و اوزان شاخص‌ها حاصل گردید که در جدول ۱۴ آورده شده است.

جدول ۱۱. وزن زیرشاخص‌های خروجی‌ها

کد شاخص	شاخص	وزن	رتبه
C2	خروجی‌های دیداری (نمایش)	۰/۳۰۰	۱
C4	رنگ‌بندی	۰/۱۰۹	۲
C5	رفتار و نمایش پنجره‌ها	۰/۱۰۱	۳
C3	متن‌ها/قلم‌ها	۰/۰۹۷	۴
C1	رهنمودهای عمومی خروجی	۰/۰۹۶	۵
C6	خروجی صوتی	۰/۰۹۰	۶
C7	معادل متنی اصوات (شرح)	۰/۰۸۷	۷
C8	رسانه	۰/۰۸۵	۸
C9	خروجی لمسی	۰/۰۳۴	۹

باتوجه‌به جدول ۱۴، در بین زیرشاخص‌های خروجی‌ها، خروجی‌های دیداری (نمایش) با وزن ۰/۳ رتبه اول را کسب کرده است. رنگ‌بندی با وزن ۰/۱۰۹ رتبه دوم و رفتار و نمایش پنجره‌ها با وزن ۰/۱۰۱ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۰۲ است.

- محاسبه وزن زیرشاخص‌های راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی

شاخص راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی دارای ۳ زیرشاخص است که مقایسه زوجی آن‌ها در جدول ۴-۱۵ آورده شده است. این جدول مقایسه زوجی نیز از میانگین هندسی نظرات ۱۱ خبره حاصل شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

جدول ۱۵. مقایسات زوجی زیرشاخص‌های خروجی‌ها

BO	D1	D2	D3
D1	-	۸/۳۳۸	۳/۵۰۶

OW	D1	D2	D3
D2	-	-	۲/۳۲۵

باتوجه‌به داده‌های جدول ۱۵، مدل خطی BWM زیرشاخص‌های راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی به‌صورت زیر تشکیل می¬شوند.

min Z

|W1-۸.338×w2|≤z

|W1-۳.506×w3|≤z

|w3-۲.325×W2|≤z

w1+w2+w3=۱

مدل‌بالا در نرم‌افزار لینگو حل گردید و اوزان شاخص‌ها حاصل شد که در جدول ۱۶ آورده شده است.

جدول ۱۲. زیرشاخص‌های راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی

کد شاخص	شاخص	وزن	رتبه
D1	مستندسازی آنلاین	۷۱۲.۰	۱
D3	خدمات پشتیبانی	۲۰۲.۰	۲
D2	راهنما	۰۸۶.۰	۳

باتوجه‌به جدول ۱۶، در بین زیرشاخص‌های راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی، مستندسازی آنلاین با وزن ۰/۷۱۲ رتبه اول را کسب کرده است. خدمات پشتیبانی با وزن ۰/۲۰۲ رتبه دوم و راهنما با وزن ۰/۰۸۶ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۰۳ است.

- وزن و رتبه نهایی زیرشاخص‌ها

همان گونه که در جدول ۱۷ آمده وزن نهایی زیرشاخص‌ها از ضرب وزن شاخص‌های اصلی در وزن نسبی زیرشاخص‌ها حاصل شد.

جدول ۱۳. وزن و رتبه نهایی زیرشاخص‌ها

شاخص	وزن شاخص	زیرشاخص		وزن نسبی زیرشاخص	وزن نهایی زیرشاخص	رتبه نهایی زیرشاخص
رهنمودهای عمومی و ملزومات	۰/۶۰۹	۱.	نام‌گذاری صحیح عناصر رابط کاربری	۰/۱۳۹	۰/۰۸۴۸	۴
		۲.	قابلیت شخصی‌سازی امکانات برای کاربر	۰/۱۲۶	۰/۰۷۶۸	۵
		۳.	تنظیم سطوح دسترس‌پذیری	۰/۱۴۰	۰/۰۸۵۲	۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

		۴. راهنماهای عملیاتی و کنترل عمومی	۰/۱۱۵	۰/۰۷۰۱	۶
		۵. سازگاری با فناوری‌های دسترس پذیرساز	۰/۴۲۹	۰/۲۶۰۶	۱
		۶. سامانه‌های بسته	۰۹/۰۵۱	۰/۰۳۱۰	۹
ورودی‌ها	۰/۰۷۱	۷. به‌کارگیری گزینه‌های ورودی جایگزین	۰/۴۳۲	۰/۰۳۰۴	۱۰
		۸. تمرکز صفحه‌کلید	۰/۱۳۴	۰/۰۰۹۵	۲۰
		۹. ورودی صفحه‌کلید (وجود کلیدهای تسهیلگر و میان‌بر)	۰/۱۴۹	۰/۰۱۰۵	۱۹
		۱۰. ورودی صفحه‌کلید ابزارهای اشاره‌گر (همانند موس)	۰/۱۲۶	۰/۰۰۸۹	۲۱
		۱۱. میکروفون	۰/۱۱۰	۰/۰۰۷	۲۲
		۱۲. دوربین	۰/۰۴۹	۰/۰۰۳۵	۲۴
خروجی‌ها	۰/۱۵۵	۱۳. رهنمودهای عمومی خروجی	۰/۰۹۶	۰/۰۱۴۹	۱۴
		۱۴. خروجی‌های دیداری (نمایش)	۰/۳۰۰	۰/۰۴۶۵	۷
		۱۵. متن‌ها/قلم‌ها	۰/۰۹۷	۰/۰۱۵۱	۱۳
		۱۶. رنگ‌بندی	۰/۱۰۹	۰/۰۱۶۹	۱۱
		۱۷. رفتار و نمایش پنجره‌ها	۰/۱۰۱	۰/۰۱۵۸	۱۲
		۱۸. خروجی صوتی	۰/۰۹۰	۰/۰۱۴۰	۱۶
		۱۹. معادل متنی اصوات (شرح)	۰/۰۸۷	۰/۰۱۳۵	۱۷
		۲۰. رسانه	۰/۰۸۵	۰/۰۱۳۲	۱۸
		۲۱. خروجی لمسی	۰/۰۳۴	۰/۰۰۵۳	۲۳
راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی	۰/۱۶۶	۲۲. مستندسازی آنلاین	۰/۷۱۲	۰/۱۱۷۹	۲
		۲۳. راهنما	۰/۰۸۶	۰/۰۱۴۲	۱۵
		۲۴. خدمات پشتیبانی	۰/۲۰۲	۰/۰۳۳۵	۸

یافته‌های جدول ۷ نشان داد "سازگاری با فناوری‌های دسترس پذیرساز" رتبه اول را در بین تمامی زیرشاخص‌ها را کسب کرده است. "مستندسازی آنلاین" رتبه دوم و "تنظیم سطوح دسترس‌پذیری" رتبه سوم را کسب کرده‌اند. آخرین رتبه (رتبه ۲۴) به "دوربین" تعلق گرفت.

بحث و نتیجه‌گیری

در بحث مربوط به آموزش مجازی و یادگیری الکترونیکی اصل بر تعامل بین عناصر اصلی مطرح در این فرایند، یعنی فرد (دانشجو) با فرد (مدرس) و محیط آموزشی است؛ بنابراین تعامل‌پذیری مقدمه شروع آموزش مجازی و مقدم بر سایر مناسبات حاکم بر فعالیت‌های آموزشی به‌ویژه در آموزش‌های مجازی است. آنچه در محیط آموزش مجازی اتفاق می‌اُفتد ظهور واسطهای غیرانسانی است که به‌عنوان رابط بین محیط آموزش، دانشجو و مدرس تعامل ایجاد می‌کند. از این نوع واسطهای غیرانسانی تحت عنوان رابط کاربر نام‌برده می‌شود. رابط کاربر عامل اصلی تأثیرگذار در اثربخشی و کیفیت آموزش‌های ارائه شده در محیطهای الکترونیکی است. اما بررسی نتایج بیشتر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مطالعات، نشان می‌دهد اکثر توجهات معطوف بر محتوای آموزشی بوده و محیط تعامل در درجه دوم اهمیت قرار گرفته است. این نوع دیدگاه به طور مسلم بر اهداف آموزشی پیش‌بینی شده و خروجی‌های مورد انتظار حاصل از آن، تأثیر به سزایی خواهد داشت. برای رفع این مسئله تأکید بر محیط‌های رابط کاربر و ارتباط آن با آموزش مجازی از اهمیت زیادی برخوردار است. با بررسی پیشینه‌ها این نتیجه حاصل شد که برای بهبود استفاده از سامانه‌های آموزش مجازی شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مرتبط با ارزیابی قابلیت دسترس‌پذیری سامانه‌های آموزش مجازی ضروری است. هر یک از مطالعات انجام‌گرفته در بخش پیشینه باتوجه‌به سازمان و محیط مطالعه، محدودیت‌ها، نظرات شخصی، شاخص‌ها و روش‌های گوناگون، تنها به برخی از عوامل ارزیابی موفقیت دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی توجه نموده‌اند و چارچوبی جامع برای شناسایی همه‌جانبه تمامی شاخص‌های اساسی ارائه نشده است. همچنین از دیگر کمبودهای موجود در تحقیقات گذشته، این است که تنها به شناسایی شاخص‌ها اکتفا شده و به اولویت‌بندی این عوامل توجه نشده است. این در حالی است که در دنیای واقعی به دلیل وجود محدودیت، امکان درنظرگرفتن و اجرای همه این عوامل وجود ندارد، همچنین هریک از این عوامل از ارجحیت متفاوتی برخوردار بوده که این موارد گویای ضرورت اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی و بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است؛ بنابراین برای رفع کمبودهای ذکر شده، در ابتدا با بررسی جامع ادبیات تحقیق، چارچوبی جامع برای شناسایی شاخص‌های ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی مبتنی بر ایزو ۹۲۴۱ تدوین شد سپس با بهره‌گیری از روش دلفی فازی و نظرات خبرگان عوامل شناسایی شده، تعدیل و نهایی گردید. در مرحله بعد با بهره‌گیری از روش BWM که از جدیدترین و دقیق‌ترین تکنیک‌های وزن‌دهی است، برای اولویت‌بندی – شاخص‌های نهایی شده از مرحله قبل بهره گرفته شد .

یافته‌های پژوهش نشان داد در بین ۴ شاخص اصلی ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی (رهنمودهای عمومی و ملزومات، ورودی‌ها، خروجی‌ها، خدمات پشتیبانی، کمک و مستندسازی آنلاین)، بااهمیت‌ترین رهنمودهای عمومی و ملزومات با وزن ۰/۶۰۹ و کم‌اهمیت‌ترین ورودی‌ها با وزن ۰/۰۷۱ است. در بین زیرشاخص‌های رهنمودهای عمومی و ملزومات و به طور کل سازگاری با فناوری‌های دسترس پذیرساز بااهمیت‌ترین زیر شاخص از سوی جامعه آماری تشخیص داده شد (وزن ۰/۲۶۰۶). در این بخش سامانه‌های بسته کم‌اهمیت‌ترین بود (وزن ۰/۰۳۱۰). در بین زیرشاخص‌های ورودی به‌کارگیری گزینه‌های ورودی جایگزین بیشترین وزن (۰/۰۳۰۴) را کسب کرد و بااهمیت‌ترین شناخته شد. دوربین با کسب کمترین وزن (۰/۰۰۳۵) کم‌اهمیت‌ترین شاخص ارزیابی برای دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی آموزش عالی ایران است. همان گونه که محقر و همکاران (۱۳۹۶) اشاره دارند سرعت اینترنت در ایران بالا نیست و روشن‌کردن دوربین در زمان برگزاری کلاس‌های مجازی به علت حجم بالای اینترنی که مصرف می‌کند باعث قطع اتصال و ارتباط فی‌مابین است. جامعه آماری پژوهش به این حقیقت واقف بوده‌اند، به همین خاطر باتوجه‌به شرایط موجود کمترین وزن را به این شاخص اختصاص دادند. در بین زیر شاخص‌های خروجی‌ها، شاخص خروجی‌های دیداری (نمایش) با وزن ۰/۰۴۶۵ بااهمیت‌ترین و خروجی لمسی با وزن ۰/۰۰۵۳ کم‌اهمیت‌ترین از دیدگاه جامعه آماری شناخته شدند. در بین زیر شاخص‌های راهنما، مستندسازی آنلاین و خدمات پشتیبانی، مستندسازی آنلاین با وزن ۰/۱۱۷۹ بااهمیت‌ترین و راهنما با وزن ۰/۰۱۴۲ کم‌اهمیت‌ترین شناخته شد.

بنابراین، یافته‌های پژوهش نشان داد "سازگاری با فناوری‌های دسترس پذیرساز" رتبه اول را در بین تمامی زیرشاخص‌ها کسب کرده است. "مستندسازی آنلاین" رتبه دوم و "تنظیم سطوح دسترس‌پذیری" رتبه سوم را کسب کرده‌اند. آخرین رتبه (رتبه ۲۴) به "دوربین" تعلق گرفت. باتوجه‌به این که ارتباط چشم در چشم مدرس با دانشجو در یادگیری نقش بسزایی دارد. پایین‌بودن سرعت اینترنت در ایران و مشکلات ناشی از قطع ارتباط در زمان برگزاری موجب شد تا پایین‌ترین رتبه از سوی نخبگان آموزش عالی به دوربین تعلق گیرد.

پیشنهادها

در ادامه راهکارهایی برای بهبود فرایند ارزیابی دسترس‌پذیری محیط تعاملی در سامانه‌های آموزش مجازی در ایران پیشنهاد می‌گردد:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

- باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از مقاله بهتر است مراکز آموزشی در ایران، سامانه مجازی را انتخاب نمایند که بیشترین انطباق را با معیارهای دسترس‌پذیری محیط تعامل در فرایند یادگیری الکترونیکی دارد؛
- تأمین زیرساخت‌های تامین سرعت اینترنت در ایران به‌منظور ارائه خدمات دوربین و ارتباط چشمی بین مدرس و دانشجو توصیه می‌گردد؛
- نهادینه‌کردن فرهنگ اعتبارسنجی و ارزیابی سامانه‌های آموزش مجازی از طریق ایجاد آگاهی در ذی‌نفعان آموزش عالی؛
- ایجاد نهادهای خصوصی مستقل اعتبارسنجی زیر ساخت آموزش مجازی در کنار متولیان دولتی و همکاری میان آنها؛

References

Abran, A., Khelifi, A., Suryn, W., & Seffah, A. (2003). Usability meanings and interpretations in ISO standards. Software quality journal, 11(4), 325-338.

ahmady, R., ahmady, G., & zamyad, G. (2013). Investigating and explaining the effective factors in the acceptance and use of e-learning systems among e-learning students of Iran University of Science and Technology. Journal of Research in Educational Science, 6(19), 101-126. [In Persian].

Amado-Salvatierra, H. R., Hernández, R., & Hilera, J. R. (2012). Implementation of accessibility standards in the process of course design in virtual learning environments. Procedia Computer Science, 14, 363-370.

Askarinejad, M. (2021). Providing a Structural Model for the Use of E-Learning System with Empha-sis on the Mediation of Behavioral Tendency, Perceived Ease and Usefulness. Research in School and Virtual Learning, 9(2), 39-48. [In Persian].

Azeta, A. A., Ayo, C. K., Atayero, A. A., & Ikhu-Omoregbe, N. A. (2010). Application of voiceXML in e-learning systems. In Cases on Successful E-Learning Practices in the Developed and Developing World: Methods for the Global Information Economy (pp. 92-108). IGI Global.

Bazargan, K. (2021) Relationship between Students' Readiness for e-Learning, Learner Satisfaction and Student Performance: The case of a post-graduate education program. IRPHE; 27 (3), 113-141. [In Persian].

Bazargan, K. (2021). Relationship between Students' Readiness for e-Learning, Learner Satisfaction and Student Performance: The case of a post-graduate education program. IRPHE, 27 (3), 113-141. [In Persian].

Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C. M. T., & Campos, L. M. (2016). Identification and analysis of reverse logistics barriers using method and AHP. Resources, conservation and recycling, 108, 182-197.

Chang, V., Walters, R. J., & Wills, G. (2013). The development that leads to the Cloud Computing Business Framework. International Journal of Information Management, 33(3), 524-538.

Chua, B. B., & Dyson, L. E. (2004, December). Applying the ISO 9126 model to the evaluation of an e-learning system. In Proc. of ASCILITE (Vol. 5, No. 8, pp. 184-190).

Dawood, K. A., Zaidan, A. A., Sharif, K. Y., Ghani, A. A., Zulzalil, H., & Zaidan, B. B. (2021). Novel multi-perspective usability evaluation framework for selection of open source software based on BWM and group VIKOR techniques. International Journal of Information Technology & Decision Making, 1-91.

Fazli, S. S., Saffaryan, S., & Hashemnejad, F. (2012). The Study of the Effect of IT Training Courses on Improving the Performance of the Staff in Mazandran Medical Science University. Information and Communication Technology in Educational Sciences, 2(4), 129-144. [In Persian].

Forman, E. H., & Selly, M. A. (2001). Decision by objectives: how to convince others that you are right. World Scientific.

Granić, A. (2008). Experience with usability evaluation of e-learning systems. Universal Access in the Information Society, 7(4), 209-221.

Hsu, Y. L., Lee, C. H., & Kreng, V. B. (2010). The application of Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. Expert Systems with Applications, 37(1), 419-425.

Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., & Mieno, H. (1993). The max-min Delphi method and method via fuzzy integration. Fuzzy sets and systems, 55(3), 241-253.

Kannan, D., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Jabbour, C. J. C. (2014). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. European Journal of operational research, 233(2), 432-447.

Kiget, N. K., Wanyembi, G., & Peters, A. I. (2014). Evaluating usability of e-learning systems in universities. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 5(8).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

Lotfi Zadeh, A. (1995). Fuzzy sets, Information and Control, 8, 338-353.
Medina-Flores, R., & Morales-Gamboa, R. (2015). Usability evaluation by experts of a learning management system. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje, 10(4), 197-203.
mohaghar, A., Bazazzadeh, S. H., & eghbal, R. (2017). Identification and Prioritization of Effective Factors on Online Advertising in Iran's Market by Use of Fuzzy MADM Technics (Case Study: Clothing Industry). Modern Research in Decision Making, 2(1), 149-178. [In Persian].
Muhammad, A. H., Siddique, A., Youssef, A. E., Saleem, K., Shahzad, B., Akram, A., & Al-Thnian, A. B. S. (2020). A hierarchical model to evaluate the quality of web-based e-learning systems. Sustainability, 12(10), 40-71.
Norouzi, Y.; Abdul Majeed, A. H. (2010). Human interactions of non-human interfaces: a reflection on the user interface environment in the process of distance education, Book Mah Keliat, 14(9), 86-94. [In Persian].
Nurhudatiana, A., Hiu, A. N., & Ce, W. (2018, September). Should I use laptop or smartphone? a usability study on an online learning application. In 2018 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech) (pp. 565-570). IEEE.
Pourrajabi Talemi, S. (2018), Rcognizing and Prioritizing the Effective Factors in the Success of Advertisements Using BWM, Master's Thesis, Rahbord Shomal Institue. [In Persian].
Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega, 53, 49-57.
Rezaei, J. (2016). Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. Omega, 64, 126-130.
Sadeghi, R. (2019). Teacher; Virtual space and classroom management methods. Development of Persian language and literature education, number 131, ۸-13. [In Persian].
Sadeghi, S., Rasouli, N., & Jandaghi, G. (2016). Identifying and prioritizing contributing factors in supply chain competitiveness by using PLS-BWM techniques (case study: Payam shoes company). World Scientific News, ۲(49), 117-143.
Shahhoseini, M. A., Narenji thani, F., Ebadi, R., & Roodbari, H. (2015). Service quality Evaluation of teaching-learning system in higher education. Academic Librarianship and Information Research, 49(2), 277-303. [In Persian].
van Roekel, W. S. (2017). Improving international logistics performance measurement. Master of Science in Systems Engineering, Policy Analysis and Management, Netherlands: Delft University of Technology.
Yazdaanee, F., Ebraaheemzaadehy, E., Zandee, B., Aleepoor, A., & Zaare, H. (2010). Effectiveness of the Electronic Learning System at the virtual college of Oloome Hadees. The Journal of New Thoughts on Education, 6(3), 137-183. [In Persian].
Zareisaroukolaei, M., Shams, G., Rezaeizadeh, M., & ghahremani, M. (2020). Determinants of e-learning effectiveness: A qualitative study on the instructor. Research in Teaching, 8(2), 79-55. [In Persian].

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]