Journal of Iranian Architecture & Urbanism
(JIAU)
Homepage: https://www.isau.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Evaluating the capacity to adopt new technologies in architectural education with an emphasis on the BIM model: A comparative study of Istanbul Technical University and Tabriz Islamic Art University *

Jahed Jafarimand [1], Shahriar Shagagi [2,], Hassan Ebrahimi Asl [3], Nasim Najafgholipour Kalantari [4]**

[1] *Ph.D. Candidate in Architecture, Department of Architecture, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.*
[2] *Assistant Professor, Department of Architecture, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.*
[3] *Assistant Professor, Department of Architecture, Jolfa international Branch, Islamic Azad University, Jolfa, Iran.*
[4] *Assistant Professor, Department of Architecture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.*

ARTICLE INFO

Article History:

Received	2023/04/09
Revised	2023/09/03
Accepted	2023/11/14
Available Online	2024/12/25

Keywords:

Architectural Education
Building Information Modeling (BIM)
Istanbul Technical University
Tabriz Islamic Art University

Use your device to scan and read the article online

Number of References
53

Number of Figures
4

Number of Tables
6

Extended ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Today, the integration of new technologies in architectural education will lead to improved learning, improved student skills, increased participation, greater creativity, more positive attitudes toward courses and future careers, and greater interest and participation of instructors in classes. In the current era, one of the most significant emerging technologies in architectural education and the training of professional architects is Building Information Modeling (BIM). BIM represents a major advancement in the fields of architecture and construction, marking a shift from traditional two-dimensional drawings to intelligent three-dimensional models that are goal-oriented and data-driven. Unlike conventional design environments that rely on geometric shapes such as lines, squares, and circles, BIM utilizes architectural components like walls, doors, and windows, offering a more integrated and realistic design process. Considering the growing importance of applying such technologies in architectural education, the aim of this study is to evaluate the capacity for adopting new technologies, with a particular emphasis on BIM, in architectural education at Istanbul Technical University and Tabriz Islamic Art University.

METHODS: This study employs a mixed-method approach, combining both quantitative and qualitative methods, with an applied purpose and a descriptive-analytical nature. For data analysis, Structural Equation Modeling using AMOS software and Q factor analysis using SPSS software were utilized. The statistical population includes architecture students and professors from Istanbul Technical University and Tabriz Islamic Art University. Based on the Cochran formula, the student sample size for each university was determined to be 384 individuals. For professors, using a purposive Delphi method, the sample size was set at 8 for each university. In the first phase of the study, the components influencing architectural education, specifically in relation to the BIM model, were identified. Following this, architecture students were surveyed to assess the quality of each of these components, and the results were evaluated through structural equation modeling using AMOS software. The identified components include educational content (EC), educational process (EP), and institutional capacity and professors (ICP). Additionally, to explore the factors affecting the acceptance of new technologies such as BIM in architectural education, interviews were conducted with professors from the universities under study, and the findings were analyzed using Q factor analysis in SPSS.

FINDINGS: The research findings show that, in the context of integrating new technologies such as BIM into architectural education, the critical values for all three variables of educational content, educational process, and institutional capacity and professors at Istanbul Technical University were above 1.96, indicating a statistically favorable condition at the 95% confidence level. In contrast, at Tabriz Islamic Art University, only the variable related to institutional capacity and professors exceeded the critical value of 1.96, while both educational content and educational process were found to be in an unfavorable state.

© 2024, JIAU. All rights reserved.

https://doi.org/10.30475/isau.2024.392431.2033

OPEN ACCESS

* This article is derived from the first author`s doctoral thesis entitled “Analyzing and comparative comparison of architectural education from the aspect of space and teaching methods to students in Iran and Türkiye universities”, supervised by the second and advised by the third and fourth authors, at Islamic Azad University, Shabestar Branch.

** Corresponding Author:
Email: *sh.shagagi@iaushab.ac.ir*
Phone: +98(914)1151327

Extended ABSTRACT

In addition to the quantitative assessment of architectural education at Istanbul Technical University and Tabriz Islamic Art University—focusing on the teaching of specialized new technologies such as BIM—interviews were also conducted with students to gather qualitative insights.

CONCLUSION: Studies conducted at Istanbul Technical University and Tabriz Islamic Art University indicate that BIM technology has not yet been incorporated into the architectural educational content at either university. However, given the existing capacity at Istanbul Technical University, the integration of this technology is feasible. Considering the necessity of adopting new technologies in architecture and the importance of training professional architects, it is essential to enhance the educational content, educational processes, and the capacities of universities and their faculty to improve students' competencies in architectural principles and their ability to engage with various models and methodologies.

While Istanbul Technical University possesses the full capacity to support this process, Tabriz Islamic Art University faces fundamental shortcomings, particularly in its educational content and teaching processes.

.....

HIGHLIGHTS:

- Architectural education at different levels is a form of higher education that has a special system due to its role and professional status and unlike many educational fields, it has a special method and process.
- Considering the importance of integrating new technologies in architecture education in order to improve students' skills and ease of entering the professional labor market, it can be said that architectural education based on the BIM application model is an inevitable necessity for the training of professional architects.

ACKNOWLEDGMENTS:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-forprofit sectors.

CONFLICT OF INTEREST:

The authors declared no conflicts of interest.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Iranian Architecture & Urbanism (JIAU). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Jafarimand, J.; Shagagi, Sh.; Ebrahimi Asl, H.; Najafgholipour Kalantari, N., (2024). Evaluating the capacity to adopt new technologies in architectural education with an emphasis on the BIM model: A comparative study of Istanbul Technical University and Tabriz Islamic Art University. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism*, 15(2): 195-208.

https://doi.org/10.30475/isau.2024.392431.2033
https://www.isau.ir/article_211693.html

نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران
(JIAU)
https://www.isau.ir/

مقاله علمی- پژوهشی

تحلیلی بر آموزش معماری از جنبه‌ی کاربست مدل‌های نوین با تأکید بر مدل BIM؛

بررسی تطبیقی دانشگاه فنی استانبول و دانشگاه هنر اسلامی تبریز *

جاهد جعفری‌مند [۱]، شهریار شقاقی [۲و**]، حسن ابراهیمی اصل [۳]، نسیم نجفقلی‌پورکلانتری [۴]

۱. دانشجوی دکترای معماری، گروه معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران.
۲. استادیار، گروه معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران.
۳. استادیار، گروه معماری، واحد بین‌المللی جلفا، دانشگاه آزاد اسلامی، جلفا، ایران.
۴. استادیار، گروه معماری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

مشخصات مقاله

تاریخ ارسال ۱۴۰۲/۰۱/۲۰
تاریخ بازنگری ۱۴۰۲/۰۶/۱۲
تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۸/۲۳
تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۳/۱۰/۰۵

واژگان کلیدی

آموزش معماری
مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)
دانشگاه فنی استانبول
دانشگاه هنر اسلامی تبریز

چکیده

امروزه ادغام فناوری‌های نوین در آموزش معماری، موجبات ارتقاء یادگیری، بهبود مهارت‌های دانش‌آموز، افزایش مشارکت، خلاقیت بیشتر، نگرش بهتر نسبت به دوره‌ها و مشاغل، و علاقه و مشارکت بیشتر مربیان در کلاس‌ها خواهد گردید. با توجه به اهمیت کاربست فناوری‌های نوین در آموزش معماری، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی ظرفیت‌های پذیرش فناوری‌های نوین در آموزش معماری با تأکید بر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) در دانشگاه فنی استانبول و دانشگاه هنر اسلامی تبریز می‌باشد. از این‌رو، روش تحقیق آمیخته (ترکیبی از روش‌های کمی-کیفی) با هدف کاربردی و ماهیت توصیفی-تحلیلی می‌باشد که در راستای تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Amos و تحلیل عاملی کیو (Q) در نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. جامعه‌ی آماری تحقیق شامل دانشجویان و اساتید معماری دانشگاه فنی استانبول و دانشگاه هنر اسلامی تبریز می‌باشد که با استفاده از روش کوکران، حجم نمونه‌ی دانشجویان برای هرکدام از دانشگاه‌ها ۳۸۴ نفر و با استفاده از روش دلفی هدفمند، حجم نمونه‌ی اساتید برای هرکدام از دانشگاه‌ها ۸ نفر تعیین گردیده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد در راستای بهره‌گیری از فناوری‌های نوین (BIM) در آموزش معماری، مقدار بحرانی هر سه متغیر محتوای آموزشی، فرایند آموزشی، ظرفیت نهادی و اساتید برای دانشگاه فنی استانبول بالای ۱/۹۶ محاسبه شده و در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای وضعیت مطلوبی می‌باشند. در دانشگاه هنر اسلامی تبریز تنها ظرفیت نهادی و اساتید دارای مقدار بحرانی بالای ۱/۹۶ بوده و محتوا و فرایند آموزشی در شرایط نامطلوبی قرار دارند. همچنین نتایج حاکی از آن است که سه عامل اصلی تحقق فناوری‌های نوین در آموزش معماری عبارتند از سازمان آموزشی، محتوای آموزشی و اساتید حرفه‌ای که بر مبنای مدل تحلیل عاملی کیو ۷۹/۵۸۱ درصد از تحقق فناوری‌های نوین در آموزش معماری را تبیین می‌کنند.

نکات شاخص

- آموزش معماری در سطوح مختلف وجهی از آموزش عالی است که به دلیل نقش و جایگاه حرفه‌ای آن، نظامی خاص یافته و برخلاف بسیاری از رشته‌های تحصیلی، از روش و فرآیند خاصی برخوردار است.
- با توجه به اهمیت ادغام فناوری‌های نوین در آموزش معماری در راستای ارتقاء مهارت‌های دانش‌آموزان و سهولت ورود به بازار کار حرفه‌ای، می‌توان عنوان کرد که آموزش معماری بر مبنای مدل کاربردی BIM ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای تربیت معماران حرفه‌ای می‌باشد.

نحوه ارجاع به مقاله

جعفری‌مند، جاهد؛ شقاقی، شهریار؛ ابراهیمی اصل، حسن و نجفقلی‌پور کلانتری، نسیم. (۱۴۰۳). تحلیلی بر آموزش معماری از جنبه‌ی کاربست مدل‌های نوین با تأکید بر مدل BIM؛ بررسی تطبیقی دانشگاه فنی استانبول و دانشگاه هنر اسلامی تبریز، *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۵(۲)، ۲۰۸-۱۹۵.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نویسنده نخست با عنوان «واکاوی و مقایسه تطبیقی آموزش معماری از جنبه فضا و نحوه آموزش به دانشجویان در دانشگاه‌های ایران و ترکیه» می‌باشد که به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم و چهارم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر انجام گرفته است.

** نویسنده مسئول
تلفن: ۰۰۹۸۹۱۴۱۱۵۱۳۲۷
پست الکترونیک: sh.shagagi@iaushab.ac.ir

مقدمه

آموزش معماری فرایندی است که از طریق برنامه و نظامی مدون، افرادی را به‌عنوان کارشناس معماری تربیت می‌کند (Nazidizaji et al., 2015). همچنین از اهداف اولیه‌ی آموزش معماری، تربیت طراحان یا سازندگان حرفه‌ای، ذی‌صلاح، خلاق، دارای تفکر نقادانه و اخلاقی است که منجر به توسعه‌ی اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی جامعه در هر دو سطح ملی و جهانی گردد (Demirbas, 2017). در این راستا، بهره‌گیری از رویکردهای نوین و ارتقاء خلاقیت و نگاه خلاقانه به کاربرد فناوری‌های پیشرفته‌ی معماری، بخش مهمی از آموزش معماری محسوب می‌شود (Rahbar et al., 2019; Haghshenas et al., 2021). در عصر حاضر یکی از فناوری‌های نوین کاربردی در حوزه‌ی آموزش معماری و تربیت معماران حرفه‌ای، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)[1] می‌باشد که یک پیشرفت مهم در حوزه‌ی معماری و ساخت‌وساز محسوب می‌شود (Chen et al., 2019; Rogers et al., 2015). این فناوری تغییر نقشه‌های دو بعدی به نقشه‌های سه بعدی را در طراحی معماری به دلیل ظرفیت آن در ایجاد مدل‌های ساختمان هوشمند مبتنی بر هدف نشان می‌دهد (Sabongi, 2009). همچنین در محیط این نرم‌افزار به جای هندسه، خط، مربع و دایره از اجزایی مانند دیوارها، درها و پنجره‌ها استفاده می‌شود (Woo, 2006). با توجه به جدید بودن این نرم‌افزار و قابلیت‌های آن در حوزه‌ی معماری، نقش فرآیند آموزشی در یادگیری BIM بسیار مهم است (Boeykens et al., 2013). بنابراین، تعداد کارشناسان این نرم‌افزار احتمالاً با گنجاندن دوره‌های BIM در آموزش معماری، افزایش می‌یابد و در نتیجه پرسنل متخصص آموزش‌دیده را قادر می‌سازد در شرکت‌های مختلف طراحی و ساخت به‌کار گرفته شوند (Macdonald & Mills, 2011; Russell et al., 2014; Wu & Issa, 2014). در این راستا، برخی از دانشگاه‌ها شروع به گنجاندن BIM در برنامه‌های آموزشی خود کرده‌اند؛ زیرا این نرم‌افزار به‌طور گسترده در صنعت ساخت‌وساز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Becerik-Gerber et al., 2011). همچنین طی چند دهه‌ی اخیر، صاحب‌نظران مختلفی برای ادغام BIM در برنامه‌ی درسی معماری تلاش کرده‌اند. به‌عنوان مثال، تیچل و ناسار (Techel & Nassar, 2007)، آموزش این نرم‌افزار را در چارچوب طراحی پایدار پیشنهاد داده‌اند. بویکنس و همکاران (Boeykens et al., 2013)، یک فرآیند BIM را برای آموزش تیم‌های دانشجویی چندرشته‌ای که متشکل از دانشجویان معماری و مهندسی بودند، ارائه کردند. گایدرا (Guidera, 2006)، یان (Yan, 2010) و وینسوا و همکاران (Vinsova et al., 2015) نیز یک مدل دوره‌ی BIM را پیشنهاد کردند که با استودیوی طراحی انجام شود (Berwald, 2008; Deamer & Bernstein, 2011; Kocaturk & Kiviniemi, 2013).

بنابراین می‌توان عنوان کرد که با توجه به ضرورت سازگاری مداوم با موقعیت‌های جدید و کسب مهارت‌های بروز برای موفقیت در حوزه‌ی معماری (Ongardwanich et al., 2015) و ارتقاء دانش و تخصص‌هایی که دانش‌آموزان را برای موفقیت در کار و زندگی آماده سازد (Oluwatayo et al., 2016)، بهره‌مندی از فناوری‌های نوین همچون BIM در آموزش معماری ضروری تلقی می‌گردد. از این‌رو، هدف از تحقیق حاضر بررسی مقایسه‌ای ظرفیت‌های آموزشی معماری دانشگاه فنی استانبول و دانشگاه هنر اسلامی تبریز در تحقق فناوری BIM در آموزش معماری می‌باشد. طبق بررسی سایت Topuniversities، دانشگاه فنی استانبول در رنکینگ برتر دانشگاه‌های جهان در آموزش معماری از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۱ قرار داشته، درحالی که هیچکدام از دانشگاه‌های ایران در این لیست جایی نداشته‌اند. بنابراین بررسی دو دانشگاه با رنکینگ‌های متفاوت در آموزش معماری با تأکید بر ظرفیت بهره‌مندی از فناوری‌های نوین مدنظر تحقیق حاضر می‌باشد.

پیشینه پژوهش

آموزش معماری در سطوح مختلف وجهی از آموزش عالی است که به دلیل نقش و جایگاه حرفه‌ای آن، نظامی خاص یافته و برخلاف بسیاری از رشته‌های تحصیلی، از روش و فرآیند خاصی برخوردار است. در این راستا، طی سالیان اخیر پژوهش‌های متعددی آموزش معماری را در ابعاد مختلف مورد بحث و بررسی قرار داده‌اند. با بررسی پیشینه‌ی مطالعاتی می‌توان عنوان کرد که بررسی تطبیقی آموزش معماری بین دانشگاه‌های دو کشور خلأ پژوهش‌های گذشته و نوآوری پژوهش حاضر می‌باشد. همچنین بررسی آموزش مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) تنها در پژوهش آگیرباس (۲۰۲۰)، قابل مشاهده است. آگیرباس (Agirbas, 2020) در پژوهش خود تحت عنوان تدریس علوم ساختمانی با ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در مقطع کارشناسی دانشجویان معماری به این نتایج دست یافته است که وقتی BIM با آموزش دروس پایه‌ی ساخت‌وساز در برنامه‌های معماری ادغام می‌شود، برای دانشجویان اصول سیستم طراحی ساختمانی ساده و مؤثر واقع می‌گردد. از سایر مطالعات و پژوهش‌های مرتبط با آموزش معماری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

غریب‌پور و توتونچی مقدم (۱۳۹۵)، با ارزیابی برنامه‌های آموزش معماری دوره‌ی کارشناسی در ایران از منظر توجه به مؤلفه‌های فرهنگی بیان داشته‌اند که میزان توجه به موضوعات سه حوزه‌ی جهان‌بینی، تاریخ و جغرافیا در طرح دروس مختلف سه برنامه‌ی بررسی‌شده همسان نیست و در محتوای مصوب برای دروس آموزش معماری، به اندازه‌ی کافی از ظرفیت‌های هر حوزه برای توجه به مؤلفه‌های فرهنگ استفاده نشده است. به عبارتی هریک از سه

حوزه‌ی اصلی دروس آموزش معماری ظرفیت مناسبی برای پرداختن به مؤلفه‌های فرهنگی حوزه‌ی تاریخ، جغرافیا و جهان‌بینی فراهم می‌کند که لازم است در تدوین طرح درس‌ها به‌طور مشخص به آن‌ها اشاره شود. بازنگری برنامه‌های آموزش معماری با رویکرد تحلیل محتوا و تدوین دروس جدید فرصت مناسبی برای جبران کمبودهای موجود در آموزش معماری منطبق با بستر فرهنگی ایجاد می‌کند. صداقتی و حجت (۱۳۹۹)، در مطالعه‌ای به مقایسه‌ی میزان موفقیت دوره‌های آموزش معماری پس از انقلاب فرهنگی پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میان دانش‌آموختگان دوره‌ی کارشناسی‌ارشد پیوسته با دانش‌آموختگان دوره‌ی کارشناسی و کارشناسی‌ارشد ناپیوسته در تمام زمینه‌های بنیان‌ها و مؤلفه‌های آموزش معماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد و فارغ‌التحصیلان دوره‌ی کارشناسی‌ارشد پیوسته نسبت به فارغ‌التحصیلان دوره‌ی ناپیوسته برتری محسوسی دارند. با توجه به تفاوت ماهوی رشته‌ی معماری با سایر رشته‌ها و لزوم تربیت چندبعدی دانشجو در این رشته، دوره‌ی کارشناسی و کارشناسی‌ارشد ناپیوسته شیوه‌ی مناسب و موفقی به‌شمار نمی‌آید و لزوم تجدیدنظر در شیوه‌ی فعلی ضروری به‌نظر می‌رسد. رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی با مطالعه‌ی تطبیقی برنامه‌های آموزشی دوره‌ی کارشناسی‌ارشد ناپیوسته‌ی معماری به این نتایج دست یافته‌اند که برنامه‌ی کارشناسی ارشد معماری در ایران تنها از نظر طول دوره و ساختار کلی با برنامه‌های آموزشی دانشگاه‌های معتبر برگزیده قابل مقایسه است اما از نظر کیفیت هدف‌گذاری، تنوع و ارتباط حوزه‌های آموزشی و برخی جزئیات آموزشی دیگر نیازمند بازنگری دقیق‌تر و تغییرات اساسی منطبق بر ویژگی‌های معماری در کشور و منطقه است که می‌توانند در تدوین برنامه‌های آموزشی لحاظ شود. فرشی‌حقی و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی کاربست دانش بیومیمیکری درآموزش طراحی معماری با روش قیاس از طبیعت به این نتایج دست یافته‌اند که تحلیل‌های انجام‌گرفته در طبیعت مبتنی بر روش بیومیمیکری می‌توانند علاقه، تعجب و انگیزه را افزایش داده و روشی مؤثر برای برقراری ارتباط بین مفاهیم است. همچنین کوان و یونیان (Kvan & Yunyan, 2015)، در پژوهشی به ارزیابی سبک‌های یادگیری و آموزش دروس معماری پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن است که نوع تمریناتی که به دانشجویان معماری داده می‌شود اگر با سبک یادگیری آنها هماهنگ باشد، در ارزیابی، نمره‌ی خوبی می‌آورند و در صورت وجود تضاد میان تمرین ارائه‌شده به دانشجو و سبک یادگیری وی، نمره‌ی ارزیابی پایین خواهد بود. ارگنوغلو (Ergenoglu, 2015)، با بررسی تأثیر تدریس طراحی جهانی در آموزش معماری به این نتایج دست یافته است که بهره‌گیری از رویکردهای مختلف تدریس در دانشگاه‌های دنیا می‌توانند راهکاری موفقیت‌آمیز را برای آموزش معماری ارائه دهد. خودیر (Khodeir, 2018)، در مطالعه‌ای تحت عنوان روش‌های یادگیری ترکیبی به‌عنوان رویکردی آموزشی برای مدیریت پروژه در دانشجویان معماری دانشگاه بریتیش[۲] مصر بیان داشته است که یادگیری ترکیبی و ایجاد شکلی پیوسته از مسائل مختلف می‌توانند به موفقیت دانشجویان معماری در مدیریت و انجام پروژه‌های مختلف یاری‌رسان باشد.

مبانی نظری

هرچند آموزش در پی تسهیل یادگیری است، ولی هدف غایی آن صرفاً یادگیری نیست، بلکه کسب توانایی کاربرد دانش و یا به‌عبارتی هنر کاربرد دانش آموخته‌شده، اصلی‌ترین هدف آن معرفی شده است (Talebi et al., 2016). یادگیری در پایین‌ترین سطح به فهم و درک دانش و در بالاترین سطوح به کاربرد، توانایی تجزیه و تحلیل و ارزیابی منجر می‌گردد (Anderson et al., 2001). در فرآیند آموزش، علاوه بر یادگیری مفهوم «انتقال یادگیری» نیز اهمیت بالایی دارد، مفهوم انتقال یادگیری به معنای کاربرد یافته‌ها و آموخته‌ها در موقعیتی متفاوت نسبت به محیط یادگیری است (Haskel, 2002). برخی نظریه‌پردازان انتقال یادگیری را پایه و اساس آموزش، تفکر و توانایی حل مسأله می‌دانند. انتقال یادگیری به‌طور عام و برای اغلب رشته‌ها به معنی کاربرد دانش آموخته‌شده‌ی دانشگاه در محیط کار حرفه‌ای است، که در بسیاری از کشورها به‌عنوان مسأله و ضعف اصلی نظام آموزش عالی مطرح است. آخرین شرط در تعریف یادگیری تجربه است. تغییری را می‌توان یادگیری نامید که ناشی از تجربه باشد. منظور از تجربه در تعریف یادگیری، تأثیر متقابل بین محرک‌ها (بیرونی و درونی) و یادگیرنده است. در این راستا، لاچمن (۱۹۹۷) یادگیری را به‌عنوان فرایندی که پایه و اساس رفتار است معرفی می‌کند (Lachman, 1997) و دومجان (۲۰۱۰) یادگیری را تغییر پایدار در مکانیسم‌های رفتاری می‌داند (Domjan, 2010). به‌طور کلی نیز می‌توان عنوان کرد که یادگیری انسان ترکیبی از فرایندهایی است که در آن انسان به مجموعه‌ای از اطلاعات، مهارت‌ها، نگرش‌ها، عواطف، ارزش‌ها، باورها و احساسات دست یافته و تجربه‌ای شکل می‌یابد که به وسیله‌ی فرایندهای شناختی، عاطفی و عملی دستخوش تغییر شده و با نظام روان‌شناختی فرد یکپارچه می‌شود (Jarvis, 2005). در آموزش معماری نیز مهم‌ترین اصول یادگیری شامل موارد زیر می‌باشد:

- کسب مهارت‌های اساسی مانند ارتباط، مدیریت اطلاعات، استفاده از اعداد، تفکر و حل مسئله.

- کسب مهارت‌های مدیریت شخصی مانند نشان دادن نگرش‌ها و رفتارهای مثبت، مسئولیت‌پذیر و سازگار بودن، یادگیری مستمر و کار ایمن.

- ارتقاء مهارت‌های کار گروهی مانند کار با

دیگران و شرکت در پروژه‌ها و وظایف (Chu et al., 2017). همچنین بر مبنای دیدگاه چو و همکاران (Chu et al., 2017) و متیو و همکاران (Matheou et al., 2020)، آموزش معماری در عصر با تأکید بر فناوری‌های نوین و مدیریت حرفه‌ای به‌دنبال خلق ارزش و تربیت معماران حرفه‌ای، دانشمند و کارآفرین می‌باشد (شکل ۱).

از طرفی امروزه ادغام فن‌آوری‌های دیجیتال در آموزش معماری، موجبات ارتقاء یادگیری، بهبود مهارت‌های دانش‌آموز، افزایش مشارکت، خلاقیت بیشتر، نگرش بهتر نسبت به دوره‌ها و مشاغل، و علاقه و مشارکت بیشتر مربیان در کلاس‌ها خواهد گردید (Ford & Minshall, 2019). یکی از مدل‌های دیجیتال و کاربردی نوین در رشته‌ی معماری BIM است. در چند دهه‌ی اخیر، مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) به‌طور قابل توجهی ارتباط و اهمیت خود را در صنعت معماری، مهندسی و ساخت‌وساز (AEC) افزایش داده است (Garcia-Gago et al., 2022). فناوری BIM می‌تواند کنترل ساختمان‌های موجود را تسهیل و خودکار کند. یک مدل BIM امکان پیوند انواع اطلاعات را در یک محیط طراحی گرافیکی پارامتریک سه بعدی دارا می‌باشد (Santos et al., 2019; Yin et al., 2019; Simeone et al., 2019). همچنین، این فناوری امکان گنجاندن یک مدل معماری، به اصطلاح مدل ظاهری سطح بالایی از جزئیات هندسی و یک مدل سازه را در همان فایل BIM فراهم می‌کند. علاوه بر این، مدل معماری ایجادشده در BIM، اطلاعات دقیقی را در مورد هندسه، ترکیب مواد، پیکربندی سازه و همچنین داده‌های مختلفی که برای کنترل سلامت سازه ضروری است، جمع‌آوری می‌کند (Al-Bayari & Shatnawi, 2022). از طرفی این مدل را در یک رویکرد تحلیلی و ارزیابی می‌توان برای تولید نقشه‌ها و عکس‌ها، ذخیره‌سازی داده‌ها، تعریف آزمایش‌هایی که باید انجام شود و غیره استفاده کرد (Bouzas et al., 2022).

از سایر ویژگی‌های این فناوری، علاوه بر ایجاد یک مدل مجازی از ساختمان که تمام واقعیت آن را منعکس می‌کند، به تولید اطلاعات در مورد کل چرخه‌ی عمر آن کمک می‌کند (Ding et al., 2015; Eastman et al., 2008; Mandhar & Mandhar, 2013). کیمل (Kymmel, 2008)، بیان کرد که BIM فراتر از واقعیت مجازی است زیرا مدل آن ویژگی‌های فیزیکی و موقعیت‌های واقعی را نشان می‌دهد. بنابراین، یادگیری ویژگی‌های محیط BIM برای دانشجویان معماری در مقطع کارشناسی مفید خواهد بود. به‌عنوان مثال، به غیر از مدل‌سازی اولیه، شبیه‌سازی‌هایی مانند تجزیه و تحلیل انرژی در رابطه با پایداری، می‌توانند انجام شود. با این تحلیل‌ها، ساختمان‌هایی که انرژی کمتری مصرف می‌کنند و آن‌هایی که بیشتر از منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده می‌کنند، طراحی و ساخته می‌شوند. افراد در حرفه‌های مختلف مانند مهندسی و معماری می‌توانند در محیط BIM با هم کار کنند، در نتیجه خطاها را به حداقل رسانده و به متخصصانی که روی پروژه کار می‌کنند این امکان را می‌دهند که یک زبان ارتباطی واحد بین آنها ایجاد شود (Azhar, 2011; Hardin, 2009). علاوه بر این، پروژه‌ها به دلیل هماهنگی بین واحدهای مختلف می‌توانند به سرعت مورد بررسی قرار گیرند. بنابراین می‌توان از زمان به نحو احسن استفاده کرد. در نتیجه، به دلیل تجربه‌ی BIM، دانش‌آموزان با شروع کار حرفه‌ای خود، برای محیط کاری آگاه و آماده خواهند بود (Azhar et al, 2008). به‌طور کلی بر مبنای دیدگاه آگیرباس (Agirbas, 2020)، آموزش معماری بر مبنای مدل BIM به شرح شکل ۲ می‌باشد.

روش پژوهش

روش تحقیق در پژوهش حاضر آمیخته (ترکیبی از روش‌های کمی-کیفی)، با هدف کاربردی و ماهیت توصیفی-تحلیلی است. جامعه‌ی آماری پژوهش نیز شامل دانشجویان و اساتید معماری دانشگاه فنی استانبول و دانشگاه هنر اسلامی تبریز می‌باشد که با استفاده از روش کوکران، حجم نمونه‌ی دانشجویان برای هرکدام از دانشگاه‌ها ۳۸۴ نفر و با استفاده از روش دلفی هدفمند، حجم نمونه‌ی اساتید برای هرکدام از دانشگاه‌ها ۸ نفر تعیین گردیده است. در پژوهش حاضر ابتدا مؤلفه‌های تأثیرگذار بر آموزش معماری با تأکید بر مدل BIM شناسایی و پس از پرسشگری از دانشجویان معماری در راستای کیفیت هرکدام از این مؤلفه‌ها، نتایج حاصله بر اساس مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Amos مورد ارزیابی قرار گرفته است. مؤلفه‌های شناسایی‌شده به شرح جدول ۱ می‌باشد. همچنین به‌منظور شناسایی عوامل تأثیرگذار بر پذیرش فناوری‌های نوین همچون BIM در آموزش معماری، از طریق مصاحبه با اساتید دانشگاه‌های مورد بررسی و مدل تحلیل عاملی کیو (Q) در نرم‌افزار SPSS به ارائه‌ی یافته‌ها پرداخته شده است.

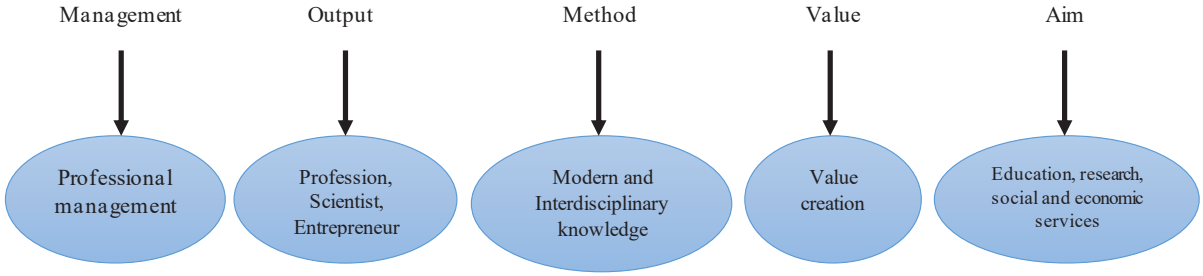

Fig. 1. Modern Architecture Education

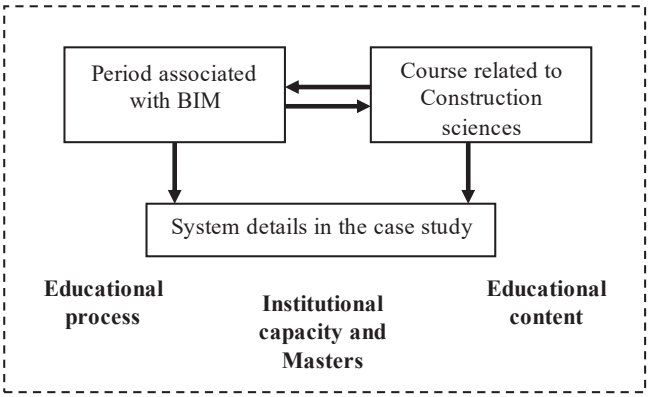

Fig. 2. Architectural education based on BIM model

Table 1. Factors influencing architectural education with an emphasis on new technologies (BIM)

Main components	Subcomponents	References
Educational content (EC)	Objectivity and transfer of external knowledge to the learner EC1, problem-based learning EC2, familiarity with the method of combining and blending knowledge, skills, and values EC3, growth of management capabilities and participation in group work EC4, emphasis on new educational models and technologies such as BIM EC5.	(Ergenoglu, 2015; Kvan & Yunyan, 2005)
Educational process (EP)	Constructing meanings and concepts through experience in the learner's mind EP1, the hierarchy of learning (insight, information processing, and comprehension) EP2, the educational process based on individualized instruction, programmatic instruction, and computer-based instruction EP3, assessing learners' competence at the end of the academic year and education EP4, evaluating learners' competence in utilizing learned knowledge and competence in the real workplace EP5.	(Deamer & Bernstein, 2011; Dojman, 2010)
Institutional capacity and Masters (ICP)	Creating appropriate content for learning (in theoretical and practical dimensions) ICP1, Challenging current ideas of the learner and creating opportunities for thinking and exploration ICP2, Creating appropriate relationships between actors such as educators (professors), the institution, and learners ICP3, Professors' mastery of new models and approaches such as BIM ICP4, Appropriate capacity of the institution (university) in terms of the existence of workshops and the ICT environment ICP5, Benefiting from responsible professors to develop learners' learning ICP6.	(Russell et al., 2014; Nikolov et al., 2016)

در راستای دو دانشگاه فنی استانبول و دانشگاه هنر اسلامی تبریز که مورد بررسی تحقیق حاضر قرار گرفته می‌توان عنوان کرد که دانشگاه فنی استانبول سومین دانشگاه فنی-مهندسی دنیا از لحاظ قدمت به‌شمار می‌رود و دارای یک تاریخچه‌ی پیچیده و طولانی می‌باشد که به سال ۱۷۷۳ باز می‌گردد. این دانشگاه برای اولین بار توسط سلطان مصطفی سوم به‌عنوان کالج سلطنتی مهندسی علوم دریایی پایه‌گذاری شد و به آموزش کشتی‌سازان و طراحان کشتی اختصاص داده شد. در سال ۱۷۹۵ دامنه‌ی تدریس این دانشگاه جهت آموزش تکنیکی پرسنل ارتش و مدرنیزه کردن ارتش عثمانی افزایش یافت. در سال ۱۸۴۶ حیطه‌ی آموزشی این دانشگاه با افزودن بخش‌های آموزشی مربوط به علوم معماری گسترده‌تر شد. در طی سال‌های ۱۸۸۳ و ۱۹۰۹ نیز شعاع آموزشی این دانشگاه بار دیگر افزایش یافت و با افزودن دانشکده‌ی عمران برای ایجاد بستری مناسب جهت پیشرفت‌های سریع یک جامعه‌ی در حال توسعه، این دانشگاه به دانشگاهی عمومی و ملی مبدل شد. نهایتاً در سال ۱۹۲۸ این مؤسسه‌ی آموزشی با تخصیص عنوان دانشگاه مهندسی حالتی رسمی به خود گرفته و به فعالیت‌های خود در هر دو زمینه‌ی فنی و مهندسی و معماری ادامه داد و در سال ۱۹۴۴ نام آن به دانشگاه فنی استانبول تغییر یافت. دانشگاه هنر اسلامی تبریز نیز در دیدار اعضای شورای عالی انقلاب فرهنگی با مقام معظم رهبری پیرو فرمایشات ایشان پیرامون هنر اسلامی تصویب و در ساختمان‌های اهدایی معظم‌له، در سال مزین به نام امام علی(ع) (۱۳۷۸) تأسیس شد. در روند سیاست گسترش فضای علمی و فرهنگی کلان‌شهر تبریز و نظر به یکی از رسالت‌های مهم دانشگاه مبنی بر حفاظت، مرمت و احیای بناهای تاریخی اهدایی مقام معظم رهبری، ساختمان‌های تاریخی و از رمق افتاده‌ی کارخانه‌ی چرم‌سازی خسروی (با مساحت اولیه‌ی ۳۶۰۰۰ مترمربع و مساحت کنونی ۱۲۵۰۰۰ مترمربع) و ده خانه‌ی قدیمی در محله‌ی مقصودیه‌ی تبریز (به مساحت اولیه‌ی ۸۰۰۰ مترمربع و مساحت کنونی ۲۲۰۰۰ مترمربع) در طول دو دهه‌ی اخیر با همت و تلاش بی‌وقفه‌ی دانشگاه، اساتید، کارمندان و دانشجویان به‌گونه‌ای زیبا مرمت، مقاوم‌سازی و احیا گردیده و در اختیار دانشکده‌ها برای انجام فعالیت‌های علمی، آموزشی و پژوهشی قرار گرفته است. دانشکده‌ی مهندسی معماری و شهرسازی نیز در همین سال تأسیس و فعالیت علمی و آموزشی خود را با پذیرش ۳۰ نفر دانشجو در رشته‌ی کارشناسی معماری و ۷۱ نفر دانشجوی کارشناسی‌ارشد معماری (میهمان از دانشگاه صنعتی سهند) و با خرید و مرمت سه خانه‌ی قدیمی در بافت محله‌ی قدیمی مقصودیه تبریز شروع کرد.

یافته‌ها

به‌منظور بررسی وضعیت آموزش معماری با تأکید بر فناوری‌های نوین (BIM) در دانشگاه‌های فنی استانبول و هنر اسلامی تبریز از نرم‌افزار مدل‌سازی معادلات ساختاری AMOS گرافیک استفاده شده است. در این فرایند بر اساس مدل‌سازی معادلات ساختاری و ضرایب تبیین‌کننده، ارتباط ساختاری مبتنی بر تأثیر عوامل تشریح می‌گردد. برای این منظور ابتدا ارتباط ساختاری جزئی برای این رابطه و سپس صورت کلی و نهایی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. ارتباط ساختاری جزئی یا درونی به ارزیابی ارتباط ساختاری ناشی از میزان ظرفیت‌های موجود (محتوای آموزشی، فرایند آموزشی و ظرفیت نهادی و اساتید) به‌عنوان متغیر مستقل بر تحقق آموزش معماری با تأکید بر فناوری‌های نوین (BIM) به‌عنوان متغیر وابسته بوده که برای ورود به بحث کلی و نهایی ابتدا مورد آزمون جداگانه قرار گرفته است.

ورود عوامل تبیین‌کننده‌ی ارتباط ساختاری برای ارزیابی میزان ظرفیت‌های موجود (محتوای آموزشی، فرایند آموزشی و ظرفیت نهادی و اساتید) بر تحقق آموزش معماری با تأکید بر فناوری‌های نوین (BIM) نشان می‌دهد میزان پایایی ترکیبی (CR) و ضریب پایایی (CA) به‌دست آمده بیش از ۰/۷ و میزان میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) که در قطر خطی جدول ۲ مشخص شده است، بیش از ۰/۶ می‌باشد. همچنین همبستگی مؤلفه‌های تحقیق که با رنگ تیره مشخص گردیده است، برای دانشگاه فنی استانبول در بازه ۰/۷۹ تا ۰/۸۵ برای دانشگاه هنر اسلامی تبریز در بازه ۰/۷۷ تا ۰/۸۳ بوده که ورود عوامل را برای تبیین آموزش معماری با تأکید بر فناوری‌های نوین در این دو دانشگاه به میزان قابل ملاحظه‌ای تشریح می‌کند.

مهم‌ترین سنجه‌های شکل‌دهنده‌ی آماری در ساختار عاملی تأییدی سنجه‌ی خی‌دو یا کای اسکوئر (x^2) نسبت کای اسکوئر بر درجه آزادی، شاخص برازش تطبیقی (CFI) و شاخص برازش افزایشی (IFI) و در نهایت ریشه‌ی میانگین مربعات تقریبی (RMSEA) می‌باشد. این سنجه‌ها دارای مقدار معینی بوده که تحلیل را معنادار ساخته و به تشریح ارتباط ساختاری متغیرهای به‌دست آمده می‌پردازد. به علت متورم شدن میزان کای‌اسکوئر در نمونه‌های تحلیلی، اکثر تحلیل‌گران از نسبت کای اسکوئر بر درجه آزادی استفاده می‌کنند که نمونه‌های دقیق تحلیل‌شده برای شناسایی ساختار را به‌دست می‌دهد. مقدار این نسبت باید ترکیب نیمی از داده‌ها را دربر گیرد. به دیگر سخن نباید کمتر از دو باشد تا بتوان به معناداری داده‌های به کار رفته اطمینان داشت. نتایج تحلیل ساختار ارتباطی سه متغیر شناسایی شده در این سنجه نشان از قابل‌قبول بودن آن دارد. شاخص‌های برازش تطبیقی و افزایشی مطابق با استانداردهای آماری تعیین‌شده هرچه به سمت ۱ میل کنند برازش از سطح نکویی بالایی برخوردار خواهد بود. نتایج این دو شاخص برای متغیرها و تبیین ارتباط ساختاری آن‌ها قابل قبول به‌دست آمده است. شاخص ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطای برآورد یا RMSEA نیز آخرین سنجه‌ی ساختارشناسی در این مرحله است که در الگوهای قابل‌قبول مقدار ۰/۰۸ یا کمتر دارد. برازش الگوهایی که مقادیر بالاتر از ۰/۱ دارند، ضعیف برآورد می‌شوند. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، مقدار این شاخص برای الگوی اندازه‌گیری کمتر از ۰/۰۸ است که نشان‌دهنده‌ی برازش مناسب الگوها، توسط داده‌ها است. در نهایت، با توجه به مطالب یادشده می‌توان نتیجه گرفت الگوهای اندازه‌گیری برازش خوبی دارند و به این معناست که متغیرهای آشکار به‌خوبی می‌توانند متغیرهای پنهان را اندازه‌گیری کنند.

بر اساس نتایج به‌دست آمده وضعیت موجود متغیرهای محتوای آموزشی، فرایند آموزشی و ظرفیت نهادی و اساتید در راستای آموزش معماری با تأکید بر فناوری‌های نوین (BIM) برای دانشگاه فنی استانبول ۰/۶۹، ۰/۵۲ و ۰/۷۱ و برای دانشگاه هنر اسلامی تبریز ۰/۴۱، ۰/۳۹ و ۰/۵۳ می‌باشد. همچنین در بین متغیرهای فرعی بیشترین ظرفیت در دانشگاه فنی استانبول مربوط به متغیرهای تأکید بر مدل‌ها و رویکردهای نوین آموزشی همچون (BIM)، به چالش کشیدن ایده‌های فعلی فراگیر و ایجاد فرصت تفکر و اکتشاف و یادگیری مبتنی بر مسأله و در دانشگاه هنر اسلامی تبریز مربوط به متغیرهای ایجاد محتوای مناسب جهت یادگیری (در ابعاد تئوری و عملی)، ایجاد رابطه‌ی مناسب بین کنشگران همچون

Table 2. Explanatory reliability analysis of independent and dependent variables in structural equation modeling

Variables	CR	AVE	CA	AENT	EC	EP	ICP
Istanbul Technical University							
Architectural education with an emphasis on new technologies (AENT)	0.72	0.642	0.84	0.847	-	-	-
Educational content (EC)	0.76	0.668	0.80	0.692*	0.825	-	-
Educational process (EP)	0.78	0.685	0.79	0.577*	0.582*	0.801	-
Institutional capacity and Masters (ICP)	0.81	0.701	0.75	0.631*	0.609*	0.625*	0.792
Tabriz University of Islamic Arts							
Architectural education with an emphasis on new technologies (AENT)	0.71	0.629	0.81	0.826	-	-	-
Educational content (EC)	0.73	0.651	0.76	0.581*	0.813	-	-
Educational process (EP)	0.75	0.663	0.73	0.615*	0.592*	0.796	-
Institutional capacity and Masters (ICP)	0.78	0.682	0.72	0.624*	0.637*	0.656*	0.773

*p < 0.05.

آموزش‌دهندگان (اساتید)، مؤسسه و فراگیران و ایجاد محتوای مناسب جهت یادگیری (در ابعاد تئوری و عملی) بوده است (شکل ۳).

پس از بررسی و تأیید الگوهای اندازه‌گیری برای آزمون معناداری فرضیه‌ها دو شاخص جزئی مقدار بحرانی و P به کار گرفته شده است. بر اساس سطح معناداری ۰/۰۵ مقدار بحرانی می‌بایست بیشتر از ۱/۹۶ باشد، مقدار پارامتر کمتر از این در الگو، با اهمیت شمرده نمی‌شود. همچنین، مقادیر کوچک‌تر از ۰/۰۵ برای مقدار P حاکی از تفاوت معنادار مقدار محاسبه‌شده برای وزن‌های رگرسیونی با مقدار صفر در سطح ۹۵ درصد اطمینان است (جدول ۴).

Table 3. Confirmatory factor structure statistics of the structural relationship between independent and dependent variables

Variables	x^2	df	P	x^2/df	CFI	IFI	RMSEA
Istanbul Technical University							
Architectural education with an emphasis on new technologies (AENT)	892.39	383	0.000	2.33	0.951	0.927	0.02
Educational content (EC)	903.88	383	0.0002	2.36	0.917	0.919	0.03
Educational process (EP)	911.54	383	0.000	2.38	0.933	0.942	0.02
Institutional capacity and Masters (ICP)	923.03	383	0.001	2.41	0.925	0.938	0.04
Tabriz University of Islamic Arts							
Architectural education with an emphasis on new technologies (AENT)	865.58	383	0.000	2.26	0.921	0.913	0.04
Educational content (EC)	877.07	383	0.003	2.29	0.938	0.944	0.02
Educational process (EP)	884.73	383	0.001	2.31	0.909	0.926	0.05
Institutional capacity and Masters (ICP)	896.22	383	0.002	2.34	0.947	0.930	0.03

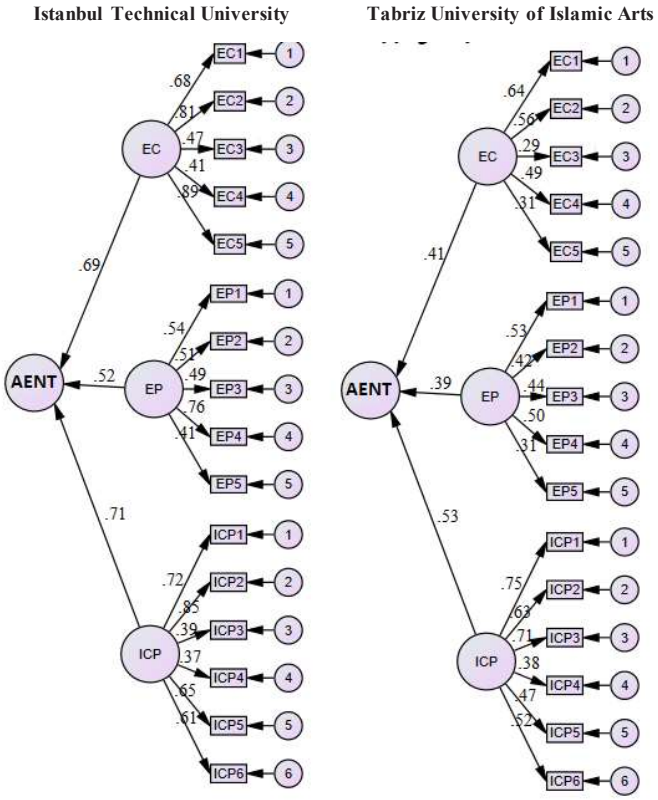

Fig. 3. Architecture of the communication structure of existing capacities in the direction of architectural education with an emphasis on new technologies

Table 4. Regression coefficient and values of partial indices related to components

University	Indicators/Variables	Regression coefficient	Critical value	P	Result
Istanbul Technical University	Educational content	0.622	3.14	0.000	Approval
	Educational process	0.469	2.31	0.000	Approval
	Institutional capacity and faculty	0.673	3.65	0.000	Approval
Tabriz University of Islamic Arts	Educational content	0.347	1.52	0.101	Reject
	Educational process	0.318	0.93	0.173	Reject
	Institutional capacity and faculty	0.475	2.63	0.001	Approval

بر اساس نتایج مدل مقدار بحرانی هر سه شاخص/متغیر محتوای آموزشی، فرایند آموزشی، ظرفیت نهادی و اساتید برای دانشگاه فنی استانبول بالای ۱/۹۶ محاسبه شده و در سطح اطمینان ۹۵ درصد تحقق یافته‌اند. در دانشگاه هنر اسلامی تبریز تنها ظرفیت نهادی و اساتید دارای مقدار بحرانی بالای ۹۶/۱ بوده و تحقق یافته و محتوا و فرایند آموزشی در شرایط نامطلوبی قرار دارند.

علاوه بر بررسی کمی وضعیت آموزش معماری در دانشگاه‌های فنی استانبول و هنر اسلامی تبریز با تأکید بر آموزش فناوری‌های نوین تخصصی همچون BIM بر اساس معادلات ساختاری، به مصاحبه با دانشجویان پرداخته شده که نتایج تفصیلی آن در ابعاد مختلف به شرح زیر می‌باشد:

الف) محتوای آموزشی

از منظر محتوای آموزشی، دانشگاه فنی استانبول همراستا با سایر دانشگاه‌های معتبر دنیا رو به پیشرفت بوده و انواع مدل‌ها و روش‌های نوین معماری در این دانشگاه تدریس می‌گردد. رشته‌ی معماری در این دانشگاه با تأکید بر یادگیری مبتنی بر تجربه و آمیختن شیوه‌های مختلف دانش و مهارت به‌دنبال تربیت معماران حرفه‌ای می‌باشد. در حالی‌که، در دانشگاه هنر اسلامی تبریز اکثراً محتوای آموزشی در بازه زمانی بلندمدت تغییر می‌کند و گنجاندن مدل‌ها و الگوهای نوین تدریس به‌ندرت مشاهده می‌گردد. همچنین محتوای آموزشی بر مبنای کار گروهی در این دانشگاه چشمگیر نمی‌باشد. به‌طور کلی مدل BIM در این دو دانشگاه تدریس نمی‌گردد ولی با توجه به انعطاف‌پذیری بیشتر دانشگاه فنی استانبول از منظر محتوای آموزشی می‌توان این مدل را در محتوای آموزشی معماری گنجاند.

ب) فرایند آموزشی

در دانشگاه فنی استانبول فرایند آموزشی معماری مناسبی در ابعاد فردی، برنامه‌ای و رایانه‌ای قابل مشاهده است. همچنین ارزشیابی صلاحیت دانشجویان معماری این دانشگاه علاوه بر آزمون‌های پایان سال تحصیلی و تحصیلات در محیط کار واقعی نیز سنجیده می‌شود. با توجه به سلسله‌مراتب آموزش بر مبنای بینش، پردازش اطلاعات و درک، مدل‌هایی همچون BIM می‌توانند در فرایند آموزشی دانشگاه گنجانده شوند. در دانشگاه هنر اسلامی نیز فرایند آموزشی در ابعاد فردی، برنامه‌ای و رایانه‌ای قابل مشاهده هست. در خصوص ارزشیابی صلاحیت دانشجویان فقط به آزمون‌های سال تحصیلی و پایان تحصیلات اکتفا شده که عدم کاربردی بودن این ارزشیابی‌ها موجب عدم تربیت معماران حرفه‌ای می‌گردد.

ج) ظرفیت نهادی و اساتید

ظرفیت‌های نهادی نیز در دو دانشگاه مورد بررسی متفاوت می‌باشد. دانشگاه فنی استانبول از منظر ظرفیت مناسب دانشگاه (وجود کارگاه‌ها و محیط ICT) در وضعیت مطلوبی نسبت به دانشگاه هنر اسلامی تبریز قرار دارد. به چالش کشیدن ایده‌های فعلی فراگیر و ایجاد فرصت تفکر و اکتشاف نیز در هر دو دانشگاه وجود دارد با این تفاوت که دانشگاه فنی استانبول بیشتر بر محیط کار واقعی تأکید می‌نماید. از لحاظ تسلط اساتید به مدل‌ها و رویکردهای نوین همچون BIM نیز دانشگاه فنی استانبول با توجه به امکانات موجود دانشگاه در وضعیت مطلوب‌تری قرار دارد.

درنهایت به‌منظور شناسایی زمینه‌های مورد نیاز برای پذیرش فناوری‌های نوین (BIM) در آموزش معماری، از روش تحلیل عاملی Q (مصاحبه با ۱۶ نفر از اساتید دانشگاه‌های مورد بررسی) استفاده شده است. در تحلیل عاملی Q برخلاف تحلیل عاملی افراد به جای متغیرها دسته‌بندی می‌شوند. بدین منظور ابتدا نمونه‌ی آماری زمینه‌های مورد نیاز را به ترتیب زیر مشخص کرده‌اند:

نمونه‌ی ۱: ارتقاء ظرفیت مناسب نهاد (دانشگاه) از منظر وجود کارگاه‌ها و محیط ICT.

نمونه‌ی ۲: پیوستگی و انسجام بین آموزش تئوری و عملی.

نمونه‌ی ۳: تأکید سازمان آموزشی بر نوآوری و خلاقیت در آموزش.

نمونه‌ی ۴: بروزرسانی مستمر دانش در اساتید.

نمونه‌ی ۵: تأکید بر بهره‌مندی از فناوری‌های دیجیتال در آموزش.

نمونه‌ی ۶: حمایت اساتید در راستای استفاده از فناوری‌های کاربردی در آموزش معماری.

نمونه‌ی ۷: تأکید بر استفاده از فناوری‌ها در محیط کار تجربی.

نمونه‌ی ۸: تأکید بر آموزش متناسب با بازار کار حرفه‌ای.

نمونه‌ی ۹: تغییرات مستمر محتوای آموزشی با توجه به توسعه‌ی فناوری‌های حوزه‌ی معماری.

نمونه‌ی ۱۰: تأکید بر جذب اساتید حرفه‌ای.

نمونه‌ی ۱۱: بهره‌مندی از مدل‌ها و فناوری‌های نوین در آموزش معماری.

نمونه‌ی ۱۲: توسعه‌ی زیرساخت‌های آموزشی متناسب با نیازهای روز.

نمونه‌ی ۱۳: بهره‌مندی از تجربیات سازمان‌های آموزشی موفق.

نمونه‌ی ۱۴: تأکید بر مدل‌ها و فناوری‌های مورد نیاز جامعه.

نمونه‌ی ۱۵: ارزشیابی مستمر از دانشجویان در راستای درک مناسب فناوری‌ها.

نمونه‌ی ۱۶: ارائه‌ی الگو و فضای مناسب آموزشی (کلاس درس) در راستای مقابله با دلزدگی دانشجویان.

پس از مشخص شدن نظرات نمونه‌ی آماری، در جهت انجام تحلیل عاملی از ماتریس همبستگی که روشی مرسوم و معمول می‌باشد، استفاده شده است. در این راستا، عامل‌ها به روش واریماکس که نوعی چرخش متعامد است، چرخش یافته و مقدار واریانس کل تبیین‌شده بیان گردیده است. قابل ذکر می‌باشد که برای انجام این روش، از تمامی نمونه‌ی آماری میزان تأثیرگذاری کلیه‌ی عوامل استخراج‌شده پرسشگری شده است.

بر مبنای مدل کیو و واریانس استخراج‌شده می‌توان عنوان کرد که سه عامل اصلی ارائه‌شده بیشترین نقش را در پذیرش فناوری‌های نوین (BIM) در آموزش معماری داشته‌اند که در مجموع ۷۹/۵۸۱ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کنند. یعنی پذیرش فناوری‌های نوین (BIM) در آموزش معماری، در حدود ۷۹ درصد ناشی از این سه عامل می‌باشد و حدود ۲۱ درصد نیز سایر عامل‌ها را دربر می‌گیرد که خارج از بحث‌های مطرح‌شده در این تحقیق می‌باشد (جدول ۵). عامل‌های استخراج‌شده به شرح زیر است:

عامل ۱؛ می‌توان این عامل را سازمان آموزشی نامید. بر مبنای دیدگاه این گروه مهمترین زمینه‌های پذیرش فناوری‌های نوین (BIM) در آموزش معماری، تأکید سازمان آموزشی بر نوآوری و خلاقیت در آموزش، بهره‌مندی از فناوری‌های دیجیتال در آموزش معماری، آموزش متناسب با بازار کار حرفه‌ای، ارتقاء زیرساخت‌ها و جذب اساتید حرفه‌ای می‌باشد. این عامل بیشترین اهمیت را در بین سه عامل مدنظر به خود اختصاص داده است و مقدار ویژه‌ی آن بر اساس مدل ۸۱۳/۳ می‌باشد و ۴۵۲/۳۶ درصد از واریانس را تبیین می‌کند.

عامل ۲؛ متغیرهای بارگذاری‌شده در این عامل به محتوای آموزشی اشاره دارند. تأکید این دیدگاه در راستای پذیرش فناوری‌های نوین (BIM) در آموزش معماری بر بهره‌مندی از مدل‌ها و فناوری‌های نوین در آموزش و با توجه به نیازهای جامعه، پیوستگی و انسجام بین آموزش تئوری و عملی، استفاده از فناوری‌ها در محیط کار تجربی و تغییر در محتوای آموزش معماری با توجه به ابداع فناوری‌های جدید می‌باشد. بر مبنای مدل تحلیل عاملی کیو ارزش ویژه‌ی این دیدگاه ۵۶۲/۲ بوده که ۶۳۸/۲۵ درصد از واریانس را تبیین می‌کند.

عامل ۳؛ در این دیدگاه اساتید حرفه‌ای با تأکید بر بروزرسانی مستمر دانش، حمایت اساتید در راستای استفاده از فناوری‌های کاربردی، ارزشیابی مستمر از دانشجویان و ایجاد فضای مناسب آموزشی (کلاس درس) در پذیرش فناوری‌های نوین (BIM) در آموزش معماری تأثیرگذار می‌باشند. ارزش ویژه‌ی این دیدگاه ۷۴۶/۱ بوده که ۴۹۱/۱۷ درصد از واریانس را تبیین می‌کند (جدول ۶).

در شکل ۴ به زمینه‌های مورد نیاز برای کاربست BIM در آموزش معماری و همچنین نقش این فناوری در ارتقاء مهارت‌های دانشجویان پرداخته شده است.

Table 5. Factor analysis matrix and factor classification

Sample	Factor		
	First factor	Second factor	Third factor
Sample 3	0.804		
Sample 5	0.771		
Sample 8	0.759		
Sample 10	0.714		
Sample 12	0.683		
Sample 13	0.659		
Sample 1	0.641		
Sample 11		0.781	
Sample 2		0.745	
Sample 7		0.721	
Sample 14		0.673	
Sample 9		0.624	
Sample 4			0.742
Sample 6			0.701
Sample 15			0.657
Sample 16			0.613
Extracted factors	Educational organization	Educational content	Professional professors

Table 6. Total variance explained in the Q factor analysis model

Factors	Special amount	Percentage of variance	Cumulative variance percentage
First factor	3.813	36.452	36.452
Second factor	2.562	25.638	62.09
Third factor	1.746	17.491	79.581

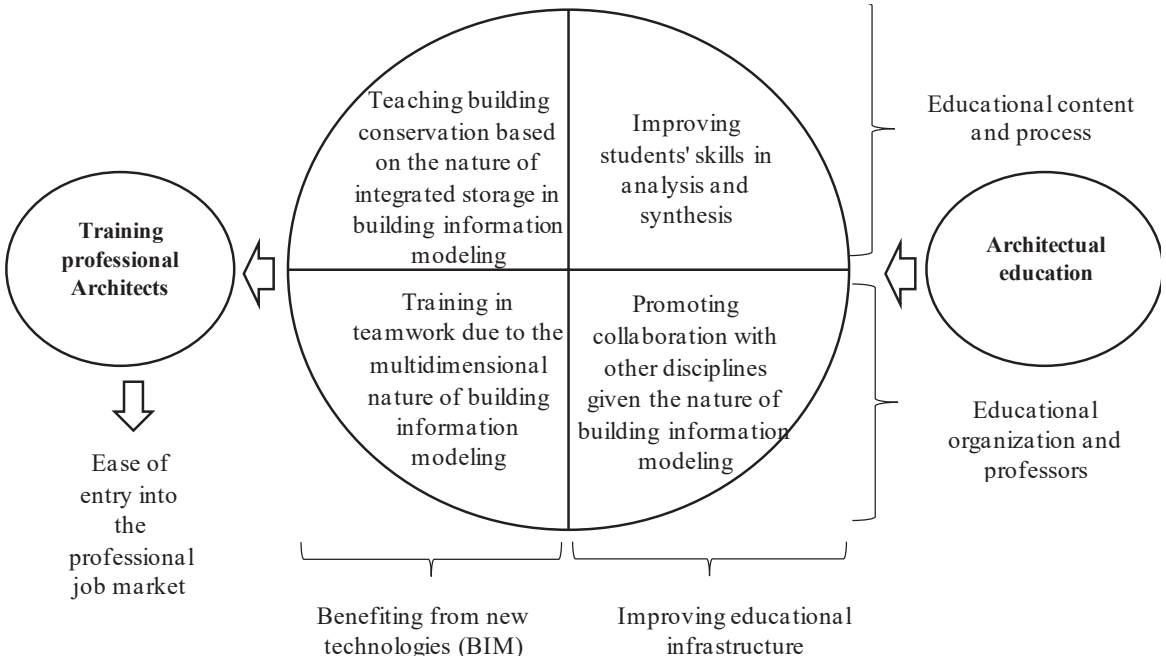

Fig. 4. The role of BIM in architectural education and improving students' skills

بحث و نتیجه‌گیری

مدل‌سازی اطلاعات ساختمان یک روش مدل‌محور یکپارچه است که برای اعتبار و دانش هماهنگ در مورد یک پروژه‌ی ساختمانی در ابعاد برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری ارائه می‌شود. این روند با استفاده از نرم‌افزارهای BIM تصمیم‌گیری را برای طراحان، پیمانکاران و صاحبان پروژه در راستای بهبود بخشیدن به روند ساخت و کیفیت و مدیریت تصمیمات، راحت‌تر می‌کند. به‌طور کلی می‌توان عنوان کرد که تفاوت نرم‌افزارهای BIM با دیگر نرم‌افزارهای مدل‌سازی سه بعدی مانند CAD در ذخیره‌سازی اطلاعات مهم کل فرآیند ساخت با تمام اجزاء می‌باشد. در این راستا، نرم‌افزارهای BIM با داشتن یک پایگاه داده (Data Base) با ذخیره‌سازی اطلاعات آن را بین کل اجزاء تیم طراحی و اجرا به اشتراک گذاشته و در نتیجه افزایش هماهنگی، کاهش خطاها و دوباره‌کاری‌ها، کاهش هزینه و افزایش کیفیت را به دنبال دارد. همچنین با توجه به مزیت نرم‌افزارهای BIM همچون مدل‌های سه بعدی پروژه، برنامه‌ریزی زمان، محاسبات متره و برآورد پروژه، بهره‌برداری پروژه، تحلیل انرژی و ایمنی کاربست این نرم‌افزارها به‌منظور مدل‌سازی اطلاعات ساختمانی در آموزش معماری ضروری می‌باشد. بررسی‌ها در دو دانشگاه فنی استانبول و هنر اسلامی تبریز حاکی از آن است که این فناوری در هیچکدام از دانشگاه در محتوای آموزشی معماری تعریف نشده با این حال با توجه به ظرفیت موجود دانشگاه فنی استانبول تحقق آن امکان‌پذیر می‌باشد. همچنین با توجه به ضرورت کاربست فناوری‌های نوین در معماری و تربیت معماران حرفه‌ای نیاز است که محتوای آموزشی، فرایند آموزشی و ظرفیت دانشگاه‌ها و اساتید ارتقاء یابد تا بتوان به بهبود شایستگی دانشجویان از منظر اصول معماری و کسب دانش در انواع مدل‌ها و روش‌ها نائل آمد. در دانشگاه فنی استانبول ظرفیت کامل برای این فرایند وجود دارد، اما دانشگاه هنر اسلامی تبریز از منظر محتوا و فرایند آموزشی دارای کاستی‌های اساسی است. در این راستا، برای رفع این کاستی‌ها و تربیت معماران حرفه‌ای در دانشگاه هنر اسلامی می‌توان به پیشنهادهای زیر را ارائه داد:

محتوای آموزشی: تغییر در محتوای آموزشی و به‌کار بستن رویکردهای نوین به‌منظور رشد و ارتقاء شایستگی دانشجویان برای موفقیت در محیط کار واقعی. انعطاف‌پذیری در محتوای آموزشی بر مبنای مدل‌ها و رویکردهای نوین آموزشی همچون BIM.

فرایند آموزشی: ایجاد سازوکاری با مؤسسات و نهادهای دولتی و خصوصی به‌منظور ارزشیابی صلاحیت دانشجویان و تربیت معماران حرفه‌ای. ایجاد سلسله‌مراتب آموزش مبتنی بر بینش، پردازش اطلاعات و درک در راستای ساخت معانی و مفاهیم از طریق تجربه در ذهن دانشجویان.

ظرفیت نهادی و اساتید: ایجاد سازوکاری برای تسلط اساتید به نرم‌افزارها و مدل‌های تخصصی نوین. ارتقاء زیرساخت‌ها، کارگاه‌ها و محیط ICT دانشگاه در راستای افزایش ظرفیت آموزش مدل‌هایی نوین همچون BIM.

پی‌نوشت

1. Building Information Modeling
2. British

تشکر و قدردانی

مقاله حامی مالی و معنوی نداشته است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش

هیچ‌گونه تعارض منافعی برای ایشان وجود نداشته است.

تاییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیهٔ اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

منابع مالی/ حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت و مسئولیت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته و به طور برابر مسئولیت تمام محتویات و مطالب گفته‌شده در مقاله را می‌پذیرند.

References

1. Agirbas, A. (2020). Teaching construction sciences with the integration of BIM to undergraduate architecture students. *Frontiers of Architectural Research*, 9, 940-950.
2. Al-Bayari, O., & Shatnawi, N. (2022). Geomatics techniques and building information model for historical buildings conservation and restoration. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 25, 563–568.
3. Anderson, T., Howe, C., Soden, R., Halliday, J., & Low, J. (2001). Peer interaction and the learning of critical thinking skills in further education students. *Instructional Science*, 29(1), 1-32.
4. Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252.
5. Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J.Y.N., & Leung, B.H.Y. (2008). Building information modeling (BIM): a new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. *Proceedings of the First International Conference on Construction in Developing Countries*. Karachi, Pakistan, pp. 435-446.
6. Becerik-Gerber, B., Gerber, D.J., & Ku, K. (2011). The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula. *Journal of Information Technology in Construction*, 16, 411-432.
7. Berwald, S. (2008). From CAD to BIM: the experience of architectural education with Building Information Modeling. *Proceedings of Architectural Engineering Conference (AEI)*. Denver, Colorado.
8. Boeykens, S., De Somer, P., Klein, R., & Saey, R. (2013). Experiencing BIM collaboration in education. *Computation and Performance e Proceedings of the 31st Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe Conference (eCAADe)*. Delft University of Technology, Delft, the Netherlands, pp. 505-513.
9. Bouzas, O., Cabaleiro, M., Conde, B., Cruz, Y., & Riveiro, B. (2022). Structural health control of historical steel structures using HBIM. *Automation in Construction*, 140, 1-14.
10. Chen, Y., Yin, Y., Browne, G., & Li, D. (2019). Adoption of building information modeling in Chinese construction industry. *Engineering Construction & Architectural Management*, 26(9), 1878-1898.
11. Chu, S.K.W., Reynolds, R.B., Tavares, N.J., Notari, M., & Lee, C.W.Y. (2017). *21st century skills development through inquiry-based learning: from theory to practice*. Singapore: Springer Science+Business Media.
12. Deamer, P., & Bernstein, P.G. (2011). *BIM in Academia*. Yale School of Architecture, CT.
13. Demirbas, A. (2017). Tomorrow's biofuels: Goals and hopes. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 39(7), 673-679.
14. Ding, Z., Zuo, J., Wu, J., & Wang, J. (2015). Key factors for the BIM adoption by architects: a China study. *Engineering Construction & Architectural Management*, 22(6), 732-748.
15. Domjan, M. (2010). *Principles of learning and behaviour*. 6e. Belmont, CA: Wadsworth/Cengage.
16. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
17. Ergenoglu, A.S. (2015). Universal design teaching in architectural education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 1397–1403.
18. Farshihaghi, Zohreh; Mahmoudi-Nejad, Hadi; Naseri, Gholamhossein and Dadashi, Mehdi. (1400). Evaluation of the application of biomimicry knowledge in architectural design education using the method of analogy from nature. *Sustainable Architecture and Urban Planning*, 9(2), 112-97. [In Persian]
19. Ford, S., & Minshall, T. (2019). Invited review article: where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131–150.
20. Garcia-Gago, J., S´anchez-Aparicio, L.J., Soilan, M. & Gonz´alez-Aguilera, D. (2022). HBIM for supporting the diagnosis of historical buildings: case study of the Master Gate of San Francisco in Portugal. *Automation in Construction*, 141, 1-19.
21. Gharibpour, Afra & Totunchi Moghadam, Maral. (2016). Evaluation of undergraduate architecture education programs in Iran from the perspective of paying attention to cultural components. *Iranian Architectural Studies*, 5(10), 141-160. [In Persian]
22. Guidera, S.G. (2006). BIM applications in design Studio: an integrative approach developing student skills with computer modelling. Synthetic Landscapes - Proceedings of the 25th Annual Conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture (ACADIA). University of Kentucky, Lexington, Louisville, Kentucky, 231-227.
23. Haghshenas, M., Hadianpour, M., Matzarakis, A., Mahdavinejad, M., & Ansari M. (2021). Improving the suitability of selected thermal indices for predicting outdoor thermal sensation in Tehran. *Sustainable Cities and Society*, 27, 1-13.
24. Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management*. Wiley, Indianapolis.
25. Haskel. R.E. (2002). *Transfer of Learning, Cogni-*

tion, Instruction, and Reasoning. American Psychological Association (APA).
26. Jarvis, P. (2005). *Adult Learning in the Social Context*. London: Routledge.
27. Khodeir, L.M. (2018). Blended learning methods as an approach to teaching project management to architecture students. *Alexandria Engineering Journal*, 57, 3899–3905.
28. Kocaturk, T., & Kiviniemi, A. (2013). Challenges of integrating BIM in architectural education. *Computation and Performance - Proceedings of the 31st Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe Conference (eCAADe)*. Delft University of Technology, Delft, the Netherlands, pp. 465-473.
29. Kvan, T., & Yunyan, J. (2005). Students' Learning Styles and Their Correlation with Performance in Architectural Design Studio. *Design Studies*, 26 (1), 19-34.
30. Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and simulations*. McGraw e Hill Construction Series, New York.
31. Luchman, S.J. (1997). Learning is a Process: Toward an Improved Definition of Learning. *The Journal of Psychology*, 131(5), 477-480.
32. Macdonald, J.A., & Mills, J.E. (2011). The potential of BIM to facilitate collaborative AEC education. *Proceedings of the 118th American Society of Engineering Education Annual Conference (ASEE)*. Vancouver, Canada, pp. 1-7.
33. Mandhar, M., & Mandhar, M. (2013). BIMing the architectural curricula: integrating Building Information Modelling (BIM) in architectural education. *International Jounal of Architecture*, 1(1), 1-20.
34. Matheou, M., Couvelas, A., & Phocas, M.C. (2020). Transformable building envelope design in architectural education. *Procedia Manufacturing*, 44, 116–123.
35. Nazidizaji, S., Tome, A., Regateiro, F., & Ghalati, A.K. (2015). Narrative ways of architecture education: A case study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 197, 1640-1646.
36. Nikolov, R., Shoikova, E., & Kovatcheva, E. (2016). Competence based framework for curriculum development. *PICTET: EQF-based professional ICT training for Russia and Kazakhstan* (pp. 309-323).
37. Oluwatayo, A., Opoko, A., Ezema, I., & Irohma, O. (2016). How do students perceive their employability readiness: the case of architecture students. *In: 3rd International Conference on African Development Issues (CUICADI)*. Covenant University Press; 2016. p. 193–195.
38. Ongardwanich, N., Kanjanawasee, S., & Tuipae, C. (2015). Development of 21st century skill scales as perceived by students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 737-741.
39. Rahbar, M., Mahdavinejad, M., Bemanian, M., Davaie Markazi, A.H., & Hovestadt L. (2019). Generating Synthetic Space Allocation Probability Layouts Based on Trained Conditional-GANs. *Applied Artificial Intelligence*, 33(8), 689-705.
40. Rahimzadeh, Mohammad Reza; Gharibpour, Afra and Shahpari, Anahita. (2019). A comparative study of the educational programs of the non-continuous master's degree course in architecture. *Letter of Architecture and Urban Planning*, 13(29), 73-95. [In Persian]
41. Rogers, J., Chong, H., & Preece, C. (2015). Adoption of building information modelling technology (BIM). *Engineering Construction & Architectural Management*, 22(4), 424-445.
42. Russell, D., Cho, Y., & Cylwik, E. (2014). Learning opportunities and career implications of experience with BIM/VDC. *Pract. Period. Struct. Des. Construct*. 19, 111-121.
43. Sabongi, F. (2009). The integration of BIM in the undergraduate curriculum: an analysis of undergraduate courses. *Proceedings of the 45th Annual Conference by Associated Schools of Construction*. Gainesville, FL.
44. Santos, R., Costa, A.A., Silvestre, J.D., & Pyl, L. (2019). Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction. *Automation in Constructionm*, 103, 221–234.
45. Sedaghati, Abbas and Hojjat, Isa. (2019). Comparing the success rate of architectural education courses after the Cultural Revolution. *Architectural Thought*, 4(7), 44-57. [In Persian]
46. Simeone, D., Cursi, S., & Acierno, M. (2019). BIM semantic-enrichment for built heritage representation. *Automation in Construction*, 97, 122–137.
47. Talebi, Zeinab; Habib, Farah and Etesam, Iraj. (2016). The necessity of workshop training in empowering urban planning students in applying knowledge from the perspective of constructivist learning models. *Urban Management*, 45: 57-72. [In Persian]
48. Techel, F., & Nassar, K. (2007). Teaching building information modeling (BIM) from a sustainability design perspective. *Embodying Virtual Architecture - Proceedings of 3rd International Conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design (ASCAAD)*. Alexandria, Egypt, pp. 635-650.
49. Vinsova, I., Achten, H., & Matejovska, D. (2015). Integrating BIM in education: lessons learned. *Real Time - Proceedings of the 33rd Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe Conference*. Vienna University of Technology, Vienna, Austria, pp. 127-131.
50. Woo, J.H. (2006). BIM (building information modeling) and pedagogicalchallenges. *The 43rd Annual Conference by Associated Schools of Construction*. Northern Arizona
51. Wu, W., & Issa, R.R.A. (2014). BIM education and recruiting: surveybased comparative analysis of issues, perceptions, and collaboration opportunities. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 140(2), 1-13.
52. Yan, W. (2010). Teaching building information modeling at undergraduate and graduate levels. *Future Cities - Proceedings of the 28th Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe Conference (eCAADe)*. ETH Zurich, Switzerland, pp. 97-106.
53. Yin, X., Liu, H., Chen, Y., & Al-Hussein, M. (2019). Building information modelling for off-site construction: review and future directions. *Automation in Construction*, 101, 72–91.