

بررسی ارتباط روش‌های هوش مصنوعی با آموزش مرمت بر مبنای نظریه‌های یادگیری

محمدعلی اشرف گنجوئی^۱ ✉، الهام شعبانی‌نیا^۲

۱. دکترای معماری، دانشیار، دانشکده هنر و معماری صبا، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲. دکترای هوش مصنوعی، استادیار، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

<http://dx.doi.org/10.61882/kcr.8.2.17>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۰۶

چکیده

هوش مصنوعی به عنوان یکی از حوزه‌های نوین فناوری که وجوه مختلف زندگی انسان را متحول می‌کند، می‌تواند نقشی کلیدی در ارتقا آموزش مهندسی ایفا کند. با این حال نقش این فناوری در آموزش مرمت چندان مورد بررسی قرار نگرفته است. پژوهش حاضر سعی دارد تا با کمک نظریه‌های یادگیری، وجوه استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مرمت را مورد بررسی قرار دهد. در این پژوهش از روش اسنادی و به طور خاص روش تحلیل محتوای کیفی جهت‌دار برای بررسی پژوهش‌های ده سال اخیر (۲۰۱۵-۲۰۲۵) استفاده و ارتباط تحقیقات گذشته با سه نظریه یادگیری (یادگیری تجربی، یادگیری سازنده‌گرا و یادگیری ارتباط‌گرا) بررسی می‌شود. کدگذاری داده‌ها بر اساس مولفه‌های هر یک از سه نظریه یادگیری است و پژوهش‌های قبلی بر این اساس مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. یافته‌ها نشان می‌دهد که در حوزه یادگیری تجربی، مولفه تجربه عینی، در خصوص یادگیری سازنده‌گرا، مؤلفه‌های تعامل اجتماعی و بعد از آن یادگیری فعال، و تکیه بر دانش قبلی با اقبال بیشتری مواجه هستند و در خصوص یادگیری ارتباط‌گرا، هوش مصنوعی بر شبکه‌سازی و ارتباطات، تسهیل فناوری، یادگیری مداوم، مهارت‌های شناختی و همکاری دیجیتال به نسبت سایر مولفه‌ها ارتباط بیشتری دارند. یافته‌ها همچنین نشان می‌دهند که محدودیت‌های هوش مصنوعی در دسترسی به دانش مرمت، بر مولفه‌هایی مانند متن محوری که مرتبط به دانش زمینه‌ای است اثرگذار است و در آموزش مرمت این گونه مولفه‌ها کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند. یافته‌های پژوهش می‌تواند توسط معلمان و پژوهشگران مورد استفاده قرار گیرد تا با در نظر گرفتن ویژگی‌های دروس مرمت و نیازهای یادگیری هر کدام، روش هوش مصنوعی مناسب را انتخاب یا مورد بررسی قرار دهند.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، آموزش مرمت، نظریه یادگیری.



فصل‌نامه دانش حفاظت و مرمت

شاپا چاپی: ۶۰۹۳-۲۵۳۸
شاپا الکترونیکی: ۳۰۶۰-۶۲۱۷

سال هشتم، شماره دوم
شماره پیاپی ۲۴، تابستان ۱۴۰۴
صفحات: ۳۴-۱۷

<https://kcr.richt.ir>

نویسنده مسئول: محمدعلی اشرف گنجوئی

دکترای معماری، دانشیار، دانشکده هنر و معماری صبا، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

رایانامه:
m_aganjouei@uk.ac.ir



۱. مقدمه

هوش مصنوعی به شبیه‌سازی فرآیندهای هوش انسانی توسط ماشین اشاره دارد که وظایفی مانند یادگیری، استدلال و حل مسئله را انجام می‌دهد. سامانه‌های هوش مصنوعی این قابلیت را دارند تا مستقلاً بر اساس اهدافی مشخص تصمیماتی خاص بگیرند (Cannarsa, 2021). به‌طور مشابه، نیلسون (2010) هوش مصنوعی را نوعی از فناوری می‌داند که قابلیت پیش‌بینی بر اساس شرایط را داراست. در هر صورت، هوش مصنوعی باعث تحولات مهمی در حوزه فناوری، اقتصاد و توسعه اجتماعی می‌شود (Ahekyan et al., 2023). همچنین هوش مصنوعی قابلیت فراوانی در حوزه آموزش فراهم می‌کند و به کمک آن می‌توان با توجه به نیازهای هر درس، محتوای متناسب را ارائه نمود و معلمین می‌توانند از آن به عنوان دستیار آموزشی بهره ببرند (Ahekyan et al., 2023).

رشته مرمت آثار و بناهای تاریخی در ایران، با توجه به غنای میراث فرهنگی و تهدیدات فرسایش، نیازمند روش‌های نوین آموزشی است. در آموزش مرمت، مجموعه‌ای از دروس نظری و عملی وجود دارند تا بتوان مرمت را که ماهیتی چند رشته‌ای دارد را به دانشجویان آموزش داد. در این زمینه، رشته معماری و بطور ویژه موضوعات مربوط به سازه، مصالح و زیبایی‌شناسی اهمیت زیادی دارند و در کنار رشته‌هایی مثل شیمی و علوم اجتماعی محتوای این رشته را شکل می‌دهند (Keshavarz et al., 2018). با توجه به این تنوع و اهمیت یادگیری مهارت‌های تجربی و همین‌طور دانش نظری لازم است تا با کمک انواع فناوری‌ها و ابزارهای آموزشی جدید شرایطی مناسب برای یادگیری دانشجویان این رشته فراهم شود. براین اساس این مقاله با مطالعه ارتباط هوش مصنوعی با آموزش مرمت و روش‌های یادگیری، شیوه‌هایی را بررسی می‌کند تا مربیان و دانشجویان بتوانند در دروس دانشگاهی مرتبط با رشته مرمت استفاده کنند.

در دوران معاصر مفهوم یادگیری اهمیت زیادی داشته و هر گونه مداخله‌ای در امر آموزش باید در ابتدا با توجه به ایده‌ها و نظریه‌های مبتنی بر یادگیری باشد (Seif, 2008). از آنجایی که هوش مصنوعی می‌تواند در آموزش رشته‌های طراحی عامل افزایش خلاقیت و ایده‌پردازی دانشجویان شوند (Giretti et al., 2023)، ضرورت دارد در آموزش رشته مرمت نیز، کاربرد این فناوری مورد کنکاش قرار گیرد. لازم به ذکر است که در رشته مرمت هوش مصنوعی و پژوهش‌های مربوط به آن، مباحثی نو بوده و غالب این پژوهش‌ها بصورت پراکنده و موردی انجام شده است. بنابراین لازم است برای ورود به موضوع هوش مصنوعی در آموزش مرمت یک چارچوب مشخص بر اساس پژوهش‌های قبلی تدوین شود. بر این اساس پژوهش حاضر ارتباط بین دو مولفه آموزش و هوش مصنوعی را بر مبنای نظریه‌های یادگیری مورد بررسی قرار می‌دهد که در آموزش مهندسی و آموزش مرمت هم کاربرد دارند. برای رسیدن به این هدف، یک بررسی تحلیلی از مطالعات گذشته در این حوزه انجام می‌شود تا تأثیرات روش‌های هوش مصنوعی بر آموزش مرمت مورد ارزیابی قرار گیرد. در ادامه، سوال پژوهش مطرح می‌شود سپس در بخش سوم، ارتباط انواع نظریه‌های یادگیری با آموزش مرمت توضیح داده می‌شود. بخش چهارم، شامل توضیح روش تحلیل کیفی و کد گذاری است. یافته‌ها در بخش پنجم ارائه شده و در بخش ششم مورد بحث قرار می‌گیرند. بخش هفتم شامل نتایج پژوهش است.

پژوهش حاضر بدنبال یافتن ارتباط بین شیوه‌های استفاده از هوش مصنوعی در آموزش رشته مرمت است. از آنجایی که آموزش رشته مرمت مانند سایر علوم مهندسی متکی بر نظریه‌های یادگیری است، بر این اساس تمرکز پژوهش بر ارتباط روش‌های هوش مصنوعی با شیوه‌های یادگیری است که در رشته مرمت کاربرد دارند. سوال پژوهش: چه ارتباطی بین شیوه‌های استفاده از هوش مصنوعی با آموزش رشته مرمت بر مبنای نظریه‌های یادگیری وجود دارد؟

۲. آموزش مرمت و نظریه‌های یادگیری

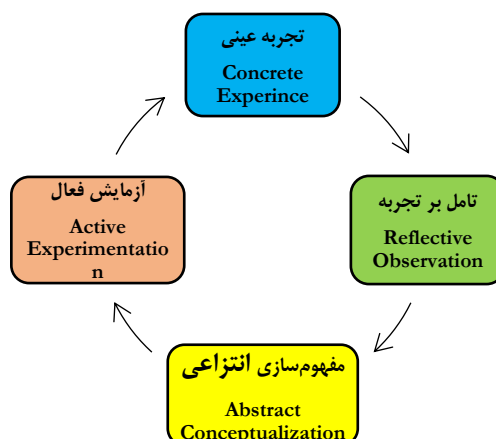
یادگیری، یکی از مهم‌ترین جنبه‌های رشد و تحول فردی و اجتماعی است که نقش اساسی در آموزش و پرورش دارد. نظریه‌های یادگیری، چارچوب‌هایی هستند که توضیح می‌دهند چگونه افراد دانش را کسب می‌کنند، مهارت‌ها را فرا می‌گیرند و رفتارهای خود را تغییر می‌دهند. این نظریه‌ها به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند، از جمله نظریه‌های یادگیری تجربی^۱، یادگیری سازنده‌گر^۲ و یادگیری ارتباط‌گر^۳، که هر کدام با رویکردی خاص، به تفسیر فرآیند یادگیری می‌پردازند. در دانشگاه‌های امروزی، نظریه یادگیری سازنده‌گر^۳ بیش از سایر رویکردها مورد توجه قرار گرفته است؛ در این رویکرد، دانشجویان از طریق تفکر انتقادی، تعامل فعال و مشارکت در فرایندهای آموزشی، به ساخت دانش خود می‌پردازند (Fosnot & Perry, 1996). یادگیری تجربی، همان‌طور که کُلب (1984) اشاره کرده، نظریه را با عمل پیوند می‌دهد و خلاقیت، مهارت‌های حل مسئله و سازگاری را تقویت می‌کند. علاوه بر این، یادگیری ارتباط‌گر^۴

بر نقش شبکه‌های دیجیتال در ارتقاء همکاری و دانش جمعی در دنیای امروزی تأکید دارد (Siemens, 2006). این روش‌ها نه تنها دانشجویان را برای مشکلات حرفه‌ای رشته مرمت آماده می‌کنند بلکه یادگیرندگان را مادام‌العمر پرورش می‌دهند که قادر به پرداختن به مسائل مرتبط با رشته مرمت و همین‌طور نوآوری‌های فناوری قابل استفاده در جهت احیا بناها باشند. در ادامه مولفه‌های مربوط به هر یک از سه نظریه یادگیری توضیح داده خواهند شد.

۱-۲. یادگیری تجربی

نظریه یادگیری تجربی توسط دیوید کُلب^۴ ارائه شد. این نظریه بر این اصل استوار است که یادگیری فرآیندی پویاست که از طریق تجربه مستقیم، تأمل، تحلیل، و آزمایش فعال شکل می‌گیرد (Kolb, 1984). این نظریه، یادگیری را نه به عنوان دریافت منفعلانه اطلاعات، بلکه به عنوان چرخه‌ای از تعامل بین تجربه و تفکر می‌داند (شکل ۱). بطور خلاصه مولفه‌های یادگیری تجربی (Kolb, 1984) عبارت است از:

- تجربه عینی: یادگیری از طریق مشارکت در تجربیات واقعی یا شبیه‌سازی شده آغاز می‌شود.
- تأمل بر تجربه: یادگیرندگان بر تجربیات خود تأمل می‌کنند تا درک عمیق‌تری به دست آورند.
- مفهوم‌سازی انتزاعی: یادگیرندگان از تأملات خود مفاهیم و نظریه‌های کلی استخراج می‌کنند.
- آزمایش فعال: یادگیرندگان مفاهیم آموخته‌شده را در موقعیت‌های جدید آزمایش می‌کنند.
- چرخه‌ای بودن: یادگیری به صورت یک فرآیند مداوم و چرخه‌ای (تجربه، تأمل، مفهوم‌سازی، آزمایش) رخ می‌دهد.



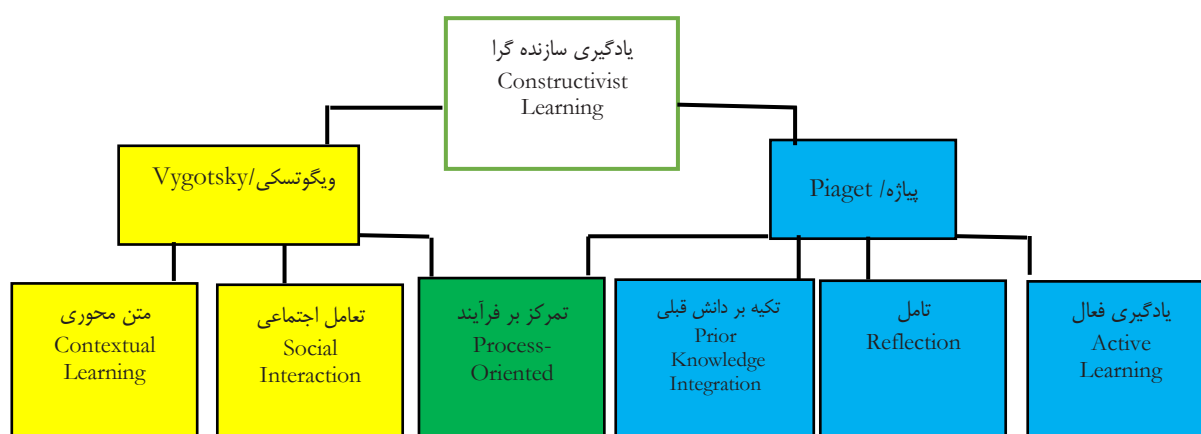
شکل ۱: خلاصه مولفه‌های یادگیری کُلب و ارتباط آنها (منبع: نویسندگان)

Figure1. Summary of Kolb's learning components and their relationships (Source: the authors)

۲-۲. نظریه یادگیری سازنده گرا

نظریه سازنده‌گرا یک چارچوب فلسفی و روان‌شناختی در حوزه آموزش است و بر این باور استوار است که دانش توسط یادگیرنده ساخته می‌شود و از طریق تعامل فعال با محیط، تجربیات شخصی، و بازسازی ذهنی اطلاعات شکل می‌گیرد (Piaget, 1970). همچنین یادگیری سازنده‌گرا در بستر اجتماعی و تعامل با دیگران شکل گیرد (Vygotsky, 1978). این نظریه، در مقابل رویکردهای سنتی انتقال دانش (مانند رفتارگرایی) قرار دارد و بر نقش فعال یادگیرنده در فرآیند یادگیری تأکید می‌کند (Dewey, 1986). بطور خلاصه مولفه‌های یادگیری سازنده گرا (Piaget, 1970; Vygotsky, 1978) عبارت است از:

- یادگیری فعال: یادگیرندگان به صورت فعال در فرآیند یادگیری مشارکت می‌کنند و دانش را خودشان می‌سازند.
- تکیه بر دانش قبلی: یادگیری بر پایه تجربیات و دانش پیشین یادگیرنده شکل می‌گیرد.
- تعامل اجتماعی: یادگیری از طریق گفت‌وگو و همکاری با دیگران (مانند همکلاسی‌ها یا اساتید) تقویت می‌شود.
- متن محوری: یادگیری در بستر واقعی و مرتبط با فرهنگ یا محیط یادگیرنده مؤثرتر است.
- تأمل: یادگیرندگان از طریق تأمل بر تجربیات خود، دانش جدید را سازمان‌دهی و معنادار می‌کنند.
- تمرکز بر فرآیند: تأکید بر چگونگی ساخت دانش به جای صرفاً کسب اطلاعات است.



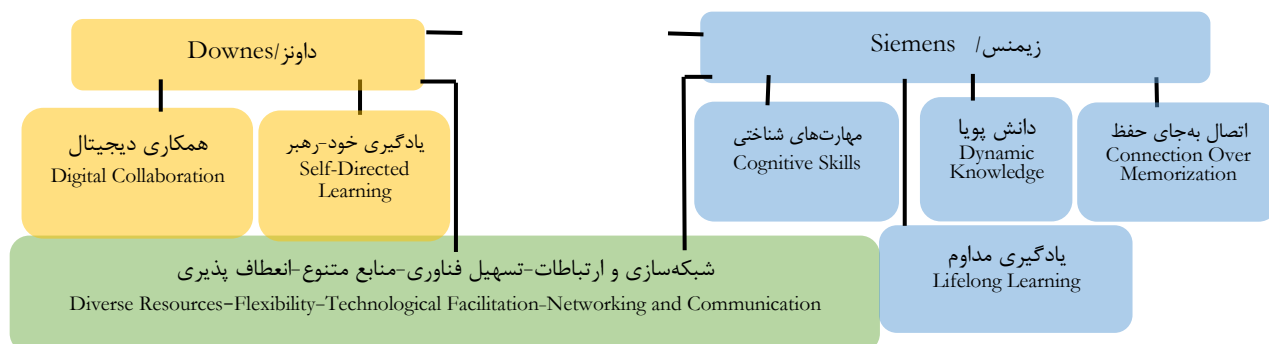
شکل ۲: مولفه‌های یادگیری سازنده گرا بر اساس نظرات پیاژه و ویگوتسکی (منبع: نویسندگان)

Figure 2: Components of constructivist learning based on Piaget and Vygotsky's theories (Source: the authors).

۳-۲. نظریه ارتباط‌گرایی

نظریه یادگیری ارتباط‌گرا بر مبنای تحولات امروزی مرتبط با فناوری ارتباطات شکل می‌گیرد و با تأکید بر نقش شبکه‌های دانش، تعاملات اجتماعی، و فناوری‌های دیجیتال، فرآیند یادگیری را بر مبنای دنیای پیچیده و به‌هم‌پیوسته امروزی تبیین می‌کند (Bakhshi Khilgavani et al., 2023). مولفه کلیدی یادگیری ارتباط‌گرا به‌صورت خلاصه عبارت است از (Downes, 2008; Siemens, 2006):

- شبکه‌سازی و ارتباطات: یادگیری از طریق اتصال به افراد، منابع، و فناوری‌های دیجیتال رخ می‌دهد.
 - دانش پویا: دانش غیرمتمرکز، متغیر، و توزیع شده در شبکه‌ها است.
 - تسهیل فناوری: ابزارهای دیجیتال (مانند اینترنت و هوش مصنوعی) یادگیری را تسهیل می‌کنند.
 - یادگیری خود - رهبر: یادگیرندگان یادگیری خود را مدیریت می‌کنند.
 - مهارت‌های شناختی: توجه به تفکر انتقادی، تحلیل داده، و تشخیص الگوها ضروری است.
 - منابع متنوع: یادگیری از دیدگاه‌ها و منابع مختلف تقویت می‌شود.
 - یادگیری مداوم: یادگیری مادام‌العمر و متناسب با تغییرات فناوری است.
 - اتصال به‌جای حفظ: تمرکز بر دسترسی به اطلاعات به‌جای حفظ آن‌ها.
 - انعطاف‌پذیری: سازگاری با محیط‌های دیجیتال پیچیده و متغیر.
 - همکاری دیجیتال: تعامل و همکاری در شبکه‌های آنلاین یادگیری را تقویت می‌کند.
- در شکل ۳ مولفه‌های یادگیری ارتباط‌گرا بر اساس نظرات زیمنس و داونز ارائه شده است.



شکل ۳: یادگیری ارتباط‌گرا بر اساس نظرات زیمنس و داونز (منبع: نویسندگان)

Figure 3: Components of connectivist learning based on Siemens and Downes' theories (Source: the authors).

سه نظریه یادگیری که معرفی شد در دوران معاصر اهمیت زیادی داشته و نقش مهمی در آموزش دانشگاهی دارند. علاوه بر اینکه در آموزش در دوره معاصر کاربرد دارند (Bakhshi Khilgavani et al., 2023; Seif, 2008) و از این رو ارتباط هوش مصنوعی بر هر یک از این نظریه‌ها اهمیت زیادی دارد. در ادامه پژوهش‌های مرتبط با رشته مرمت و هوش مصنوعی مورد تجربه و تحلیل قرار می‌گیرد.

۳. روش تحلیل

این پژوهش از نوع اسنادی است و در زمره مطالعات کیفی قرار می‌گیرد. در این پژوهش، از روش تحلیل محتوای کیفی جهت‌دار^۵ بهره گرفته شده است (Hsieh & Shannon, 2005). در این نوع تحلیل، پژوهشگران با تکیه بر مولفه‌های سه نوع یادگیری از پیش تعیین‌شده، داده‌ها را کدگذاری و تحلیل می‌کند. این مولفه‌ها به عنوان کدهای مفهومی از پیش تعیین‌شده مورد استفاده قرار گرفتند تا تحلیل مقالات و محتوای پژوهش‌ها در پرتو این مؤلفه‌ها انجام گیرد.

برای گردآوری داده‌ها، مجموعه‌ای از پژوهش‌های مرتبط با موضوع تحقیق از طریق جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی ERIC، Google Scholar و ابزار هوش مصنوعی SciSpace با استفاده از واژگان کلیدی مانند «آموزش مرمت»، «آموزش معماری»، «معماری»، «مرمت» و «هوش مصنوعی» شناسایی شد. همچنین، در برخی موارد از روش مرور منابع ارجاع‌شده در مقالات نیز بهره گرفته شد. جامعه آماری تحقیق شامل مقالات علمی و پژوهشی منتشرشده در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ بود. در مجموع حدود ۱۰۰ مقاله بررسی شد، نحوه انتخاب مقالات بر اساس معیارهای پژوهش ابتدا چکیده مقالات و در صورت لزوم روش و نتایج آنها مورد بررسی قرار گرفت که از میان آنها، ۱۷ مورد با معیارهای پژوهش بیشترین انطباق را داشتند و برای تحلیل انتخاب شدند. معیارهای انتخاب مقالات به شرح زیر بود:

- استفاده از هوش مصنوعی در تجربیات آموزشی که مرتبط با رشته‌های مرمت یا معماری باشد؛
- اشاره مشخص به کاربرد ابزارهای خاص هوش مصنوعی در فرایند یادگیری یا طراحی آموزشی؛
- ارائه داده‌ها یا گزارش‌هایی از تأثیر هوش مصنوعی بر فرایندهای یادگیری یا آموزش در زمینه مورد مطالعه.

تعدادی از مقالات هرچند به موضوع هوش مصنوعی و رشته‌های مورد نظر مرتبط بودند، اما به دلیل کلی‌گویی یا نبود اطلاعات کاربردی درباره ابزارها و تأثیرات مشخص، از تحلیل حذف شدند. بنابراین، تنها مقالاتی در تحلیل لحاظ شدند که از داده‌ها و شواهد تجربی روشن و مستند بهره برده بودند. در انتخاب تعداد مقالات، به تکراری بودن و رسیدن به اشباع مطالب نیز توجه شد. در مرحله تحلیل، هر مقاله به‌طور کامل مطالعه شد و بخش‌های مرتبط با فرایند یادگیری، استفاده از فناوری هوش مصنوعی و نحوه تعامل یادگیرندگان استخراج گردید. سپس با استفاده از کدهای از پیش تعریف‌شده بر اساس مولفه‌های سه نظریه یادگیری، داده‌ها کدگذاری شدند. در مواردی که محتوای مقاله با بیش از یک نظریه یا چند مولفه هم‌پوشانی داشت، مقاله در دسته‌ای قرار گرفت که بیشترین میزان انطباق مفهومی را با آن داشت.

کدگذاری هر مقاله، با توجه به محتوای آن شامل اهداف، فرضیه‌ها، سوالات، روند پژوهش و به‌طور ویژه یافته‌ها، بحث و نتیجه‌گیری انجام شد. بطور معمول کدهای استخراج شده بیشتر از بخش یافته‌ها، بحث و نتیجه‌گیری مقالات استخراج می‌شدند. بطور مثال در پژوهش (Cao et al., 2024) دانشجویان در قالب سه گروه، روش‌های مبتنی بر طراحی سنتی، استفاده از نرم‌افزارهای سه بعدی و استفاده از هوش مصنوعی را تجربه کردند. تجربه آنها بر اساس چهار معیار دانش معماری، طراحی معماری، محاسبات معماری^۶ و یادگیری معماری بررسی شد. یکی از مولفه‌های مربوط به محاسبات معماری "همکاری" است که در بحث و همین‌طور یافته‌های این پژوهش، در گروه نرم‌افزارهای سه بعدی و بعد از آن گروه هوش مصنوعی به شکل معناداری افزایش یافته و تغییرات آن بیشتر از روش سنتی است. بر این اساس، این ویژگی (همکاری) به نوعی به افزایش مولفه تعامل/اجتماعی اشاره دارد. در عین حال بر اساس یافته‌های پژوهش مذکور در ارتباط با مولفه دانش معماری، استفاده از هوش مصنوعی، درک دانشجویان از ترکیب بندی فضایی بنای سنتی را افزایش داد که می‌تواند عامل افزایش مولفه تجربه عینی باشد. همچنین بر اساس یافته‌های هر یک از بخش‌های تحلیل می‌توان به این نتیجه رسید که مولفه چرخه‌ای بودن هم در هنگام استفاده از هوش مصنوعی افزایش می‌یابد.

برای تقویت روایی تحلیل کیفی، از روش بازبینی همکارانه^۸ استفاده شد (Spall, 1998). در این راستا، دو استاد با بیش از ۲۰ سال سابقه تدریس در رشته مرمت که در فرایند گردآوری داده‌ها و تحلیل اولیه نقشی نداشتند، به عنوان همکار بازبین دعوت شدند.

این اساتید بخش‌هایی از مقالات کدگذاری‌شده را به صورت مستقل مرور کرده و بازخوردهای تخصصی خود را در خصوص انطباق مفهومی کدها، وضوح دسته‌بندی‌ها، و استحکام تحلیل‌ها ارائه دادند. این فرایند منجر به تقویت دقت و اعتبار تفسیرهای پژوهش شد. همچنین برای اطمینان از انسجام در کدگذاری، هر مقاله حداقل دوبار با فاصله زمانی توسط پژوهشگران بازخوانی شد تا از ثبات کدگذاری‌ها اطمینان حاصل شود (Zhang & Wildemuth, 2009). از ضریب پایایی کاپای کوهن جهت ارزیابی توافق بین دو کدگذاری و ارزیابی نهایی استفاده شد (Ashrafganjouei & Nadimi, 2024) بر این اساس ضریب بین دو کدگذاری ((0,80)، (0,84)، کدگذاری اول و ارزیابی نهایی ((0,88)، (0,93) و دوم و ارزیابی نهایی ((0,84)، (0,94) است که قابل قبول است. با توجه به برخی هم‌پوشانی‌ها میان مولفه‌های نظریه‌ها، به تمایز مفهومی و نحوه ظهور آن‌ها در زمینه آموزش مرمت توجه ویژه‌ای شد. در نهایت، یافته‌های استخراج‌شده در قالب جداول و نمودارهایی ساماندهی شدند تا الگوهای حاکم بر نحوه استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مرمت بر اساس نظریه‌های یادگیری آشکار شوند.

۴. یافته‌ها

در این بخش یافته‌های حاصل از تحلیل‌های مربوط به هر یک از سه نظریه یادگیری ارائه می‌شود.

۴-۱. یافته‌های مرتبط با یادگیری تجربی

در یک پژوهش از هوش مصنوعی و واقعیت مجازی برای ایجاد تجربه‌های شبیه‌سازی‌شده در آموزش معماری سنتی استفاده شد (Cao et al., 2024). در این پژوهش، تاثیر استفاده از هوش مصنوعی در مقایسه با استفاده از نرم‌افزارهای سه‌بعدی (برای بازنمایی ایده‌ها) و روش سنتی طراحی، مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. دانشجویان از هوش مصنوعی در تولید فرم با کمک چت جی پی تی^۹ و مید جرنی^{۱۰} استفاده کردند. در این راستا، ابزارهای هوش مصنوعی با دریافت توضیحات کلامی از بنای تاریخی و شرایط حاکم بر پیرامون آن در گذشته، تصاویر مرتبط را تولید می‌کرد. ترکیب این تصاویر (شامل بناها و محیط شهری - طبیعی تاریخی اطراف آن) عامل افزایش درک دانشجویان از بناهای تاریخی بود. و یادگیری دانشجویان بر مبنای «تجربه عینی» افزایش یافت. در ضمن استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی، ساده‌تر از نرم‌افزارهای سه بعدی بود، چرا که دانشجویان باید دستورات لازم هر نرم‌افزار را یاد می‌گرفتند. همچنین نرم‌افزارهای سه بعدی نسبت به روش‌های سنتی نقش بهتری در یادگیری دانشجویان داشتند. بر اساس نتایج به این نتیجه می‌توان رسید که هوش مصنوعی به دانشجویان امکان می‌دهد تا با محیط‌های مجازی تعامل کرده و فرآیندهای مرمتی را تجربه کنند، به‌طور مثال مدل‌سازی‌های انجام شده از طرح‌های دانشجویان در ارتباط با جزئیات تاریخی، درک آنها را از معماری سنتی بهبود بخشید که با مولفه «تجربه عینی» مرتبط بود. آنها فرآیندهای تکرار شونده را با کمک مدل‌های هوش مصنوعی انجام دادند، و طراحی‌های خود را در چندین مرحله اصلاح و بهینه کردند و این موضوع با «چرخه‌ای بودن» یادگیری تجربی هم‌خوانی دارد. با این حال مواردی مثل زمان پروژه و مهارت دانشجویان برای استفاده از هوش مصنوعی، از محدودیت‌های تحقیق بود. در یک پژوهش، از واقعیت افزوده برای شبیه‌سازی محیط‌های واقعی میراث فرهنگی استفاده شد (Lee et al., 2021). محققین یک نرم‌افزار را در تلفن همراه کاربران نصب کردند که در هنگام مواجهه با بخش‌هایی که دارای سابقه یا بنای تاریخی بودند می‌توانستند ترکیبی از تصاویر گذشته با امروزی به‌همراه توضیحات تاریخی مرتبط را از طریق تلفن همراه مشاهده کنند و از این طریق در حوزه میراث تاریخی، آموزش‌هایی به کاربران ارائه شد. نظر سنجی از کاربران حاکی از اثر بخشی این روش در یادگیری آنها در خصوص ارزش‌های میراث فرهنگی بود. تجربه انجام شده در این پژوهش با مولفه «تجربه عینی» هم‌راستاست، زیرا کاربران در کنار بازدید از بناهای تاریخی، بطور همزمان با کمک هوش مصنوعی، با گذشته بنا آشنا می‌شوند. بدین ترتیب بر مبنای مولفه تجربه عینی، ارزش‌های بناهای تاریخی را یاد می‌گیرند.

پژوهشی دیگر نشان داد که ابزارهای هوش مصنوعی در آموزش طراحی، با ایجاد محیط‌های تعاملی، خلاقیت و تأمل دانشجویان را تقویت می‌کنند (Sadek & Mohamed, 2023). در این پژوهش گروهی از دانشجویان با روش سنتی طراحی کردند اما گروه دوم با کمک دو ابزار هوش مصنوعی میدجرنی و دالی^{۱۱} تصاویری تولید کردند که در طراحی آنها اثرگذار بود. در هنگام استفاده از هوش مصنوعی، دانشجویان با نوشتن یک روایت توصیفی از یک ایده طراحی برای ابزار هوش مصنوعی، تصاویری دریافت می‌کردند و با بررسی تصاویر تولید شده، فرایندی مشابه «آزمایش فعال» را تجربه کردند در عین حال در مراحل بعدی با کمک «تأمل بر تجربه»

اصلاحات لازم را در روایت مربوطه انجام می‌دادند، این فرایند تا رسیدن به فرم نهایی طراحی ادامه داشت. بر اساس تحلیل‌های آماری، هوش مصنوعی عامل بهبود طراحی شد. با این حال عدم تجربه کافی دانشجویان در نوع نگارش روایت کارآمد برای هوش مصنوعی، محدودیت‌های ایجاد کرد.

مطالعه وانگ و همکاران (2019) از الگوریتم‌های یادگیری عمیق^{۱۲} و مدل‌های R-CNN برای تحلیل آسیب‌های مربوط به بناهای تاریخی با مصالح آجری استفاده شد. این ابزار تصاویر را به ناحیه‌های کوچک تقسیم می‌کند. هر ناحیه به صورت یک بردار تعریف می‌شود و هر بردار ویژگی‌های آن ناحیه را از جهت ترک، مصالح و... مشخص می‌کند. بر اساس ارزیابی محققین و مهندسان، روش مورد نظر اعتبار لازم را در تشخیص قسمت‌های آسیب دیده نشان داد. شیوه استفاده از هوش مصنوعی در این پژوهش می‌تواند عامل افزایش «تجربه عینی» شود، زیرا دانشجویان از داده‌های واقعی استفاده می‌کنند. همچنین مدل‌های هوش مصنوعی به دانشجویان کمک کردند تا الگوهای آسیب‌شناسی معماری را تحلیل کرده و مفاهیم جدیدی در زمینه حفاظت بناهای تاریخی توسعه دهند و بر این اساس مولفه «مفهوم‌سازی انتزاعی» ارتقا می‌یابد.

در پژوهشی دیگر (Abidah, 2023) با مطالعه تحقیقت قبلی مرتبط با هوش مصنوعی، نقش آن را با ابزارهایی مانند نظارت ساختاری بناها با حسگر، تشخیص الگو برای شناسایی آسیب‌ها، و استفاده از الگوریتم‌های مدل‌سازی سه‌بعدی و شبیه‌سازی‌های واقعی مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس این پژوهش و یافته‌های آن، استفاده از داده‌های واقعی و مطالعه و تحلیل آنها توسط هوش مصنوعی می‌تواند در افزایش «تجربه عینی» موثر باشد. دانشجویان می‌توانند با اجرای شبیه‌سازی‌ها، به صورت عملی نتایج مختلف را بررسی کرده و بهترین راه‌حل را انتخاب می‌کردند. با این حال مقاله به این موضوع نیز اشاره می‌کند که هوش مصنوعی ممکن است در تفسیر داده‌های تاریخی دچار خطا شود، بنابراین باید همراه با نظارت متخصصین باشد.

۴-۲. یافته‌های مرتبط با یادگیری سازنده‌گرا

هدف یک پژوهش (Başarı, 2022) استفاده از هوش مصنوعی در آموزش معماری و مهارت‌هایی بود که دانشجویان در استفاده از روش یادگیری ماشین^{۱۳} در فرایند طراحی باید کسب می‌کردند. در این پژوهش از نرم‌افزار پایتون برای برنامه‌نویسی و تولید جواب طراحی استفاده شد. دانشجویان باید کدی در پایتون^{۱۴} می‌نوشتند که از طریق آن فرم طراحی تولید شود. آنها برای پاسخ به مساله طراحی با کمک هوش مصنوعی، دانش خود را به‌صورت فعال شکل دادند، و با انجام تمرینات عملی مانند پردازش تصویر، ساخت مدل‌های یادگیری ماشین، و تولید داده‌ها، «یادگیری فعال» را تجربه کردند، همچنین از آنها خواسته شد یک کد قبلی را با شیوه‌های متنوع اصلاح کنند، از این طریق آنها می‌توانستند مدل‌های هوش مصنوعی را برای حل مسائل معماری توسعه دهند. انجام این موضوع و تجربه حاصل، مرتبط با مولفه «تکیه بر دانش قبلی» سازنده‌گرایی است. در نهایت در خصوص میزان یادگیری، از دانشجویان نظرسنجی شد و تقریباً همه آنها (۳۶ از ۳۸ نفر) نمره بالایی به تجربه مورد نظر دادند. یکی از محدودیت‌های پژوهش، ضعف مهارت دانشجویان در نوشتن کد نویسی پایتون بود که برای کاستن از این مشکل، دانشجویان در گروه‌های دو تا چهار نفره کار کردند.

یک مطالعه موردی در دانشگاهی در شهر بالی در خصوص آموزش معماری و توسعه پایدار انجام شد توجه این پژوهش بر اثر هوش مصنوعی بر کارایی دانشجویان در طراحی، صرفه جویی در زمان طراحی، و مستند نگاری دیجیتال با هدف حفظ ارزش‌های فرهنگی بود. نتایج حاصل از نظر سنجی از دانشجویان و معلمینی که تجربه کار با انواع ابزارهای هوش مصنوعی را داشتند، نشان می‌دهد که ابزارهای هوش مصنوعی می‌تواند ارتقا دهنده فرایند طراحی با احترام به ارزش‌های سنتی باشد (Dwijendra et al., 2024). دانشجویان از طریق تعامل با ابزارهای هوش مصنوعی و ادغام دانش سنتی با فناوری‌های مدرن (شامل مستندنگاری آنها توسط هوش مصنوعی)، دانش خود را می‌سازند. لازم به ذکر است که فرایند ساخت دانش، نیاز به تامل دارد و تامل باعث می‌شود تا دانشجویان فرایند طراحی را ارتقا دهند و در نتیجه خطاهای آنها کاهش و سرعت رسیدن به جواب افزایش یابد. بر این اساس هوش مصنوعی می‌تواند عامل افزایش «تأمل» در دانشجویان باشد و ارتقا تامل در فرایند طراحی می‌تواند رسیدن به نتیجه نهایی را تسریع بخشد. با این حال این مقاله به استفاده درست از هوش مصنوعی تاکید می‌کند و اینکه استفاده نامناسب از آن می‌تواند خلاقیت را کاهش دهد.

یک پژوهش بر نقش هوش مصنوعی در تقویت تفکر انتقادی و یادگیری مشارکتی در آموزش معماری تمرکز داشت (Novoselchuk et al., 2023). استفاده از مدل‌هایی مانند میدجرنی یا DALL-E 2 به طراحان در جهت تولید ایده‌های طراحی و

تحلیل آنها کمک می‌کند. یکی از پیشنهادات پژوهش مرتبط با استفاده از هوش مصنوعی در جهت افزایش هوش جمعی^{۱۵} برای افزایش بعد اجتماعی طراحی بود، این موضوع می‌تواند عامل ارتقا «تعامل اجتماعی» شود. این پژوهش به مولفه «تمرکز بر فرآیند» و بهینه‌سازی فرآیند طراحی معماری نیز اشاره دارد. استفاده از شبکه‌های عصبی و هوش مصنوعی مولد برای خلق مفاهیم طراحی و مدل‌سازی ساختمان‌ها، نمونه‌ای از تمرکز بر فرآیند است. همچنین، روش‌هایی که برای مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و استفاده از آنها برای تحلیل داده‌های مرتبط با بنا استفاده می‌شوند تا فرایند تصمیم‌گیری معماری را بهبود بخشند، می‌توانند مولفه فرایند را بهبود بخشند.

در یک پژوهش (Ceylan, 2021) با بررسی ادبیات قبلی، انواع ابزارهای هوش مصنوعی در ارتباط با جمع‌آوری اطلاعات، تولید فرم^{۱۶}، تحلیل ایده‌ها^{۱۷} و بازنمایی ایده‌ها (نرم‌افزارهای مربوط به واقعیت مجازی و واقعیت افزوده) مورد بررسی قرار گرفت. مجموع این ابزارها می‌تواند باعث افزایش «یادگیری فعال» شود. استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی برای حل مسئله، مولفه «تکیه بر دانش قبلی» سازنده‌گرایی را تقویت می‌کند، زیرا دانشجویان برای استفاده از هوش مصنوعی برای تولید شکل باید از اصول طراحی و تجربیات قبلی خود نیز بهره می‌برند. با این حال همان‌طور که نویسنده مقاله اشاره می‌کند در حوزه طراحی، هوش مصنوعی هر چند اطلاعات دریافتی را پردازش می‌کند اما درک درستی از ویژگی‌های زمینه، بویژه زمینه‌های تاریخی ندارد. بنابراین توصیه می‌شود تا به هوش مصنوعی صرفاً به عنوان یک ابزار نگریسته شود و نه جایگزینی برای طراح.

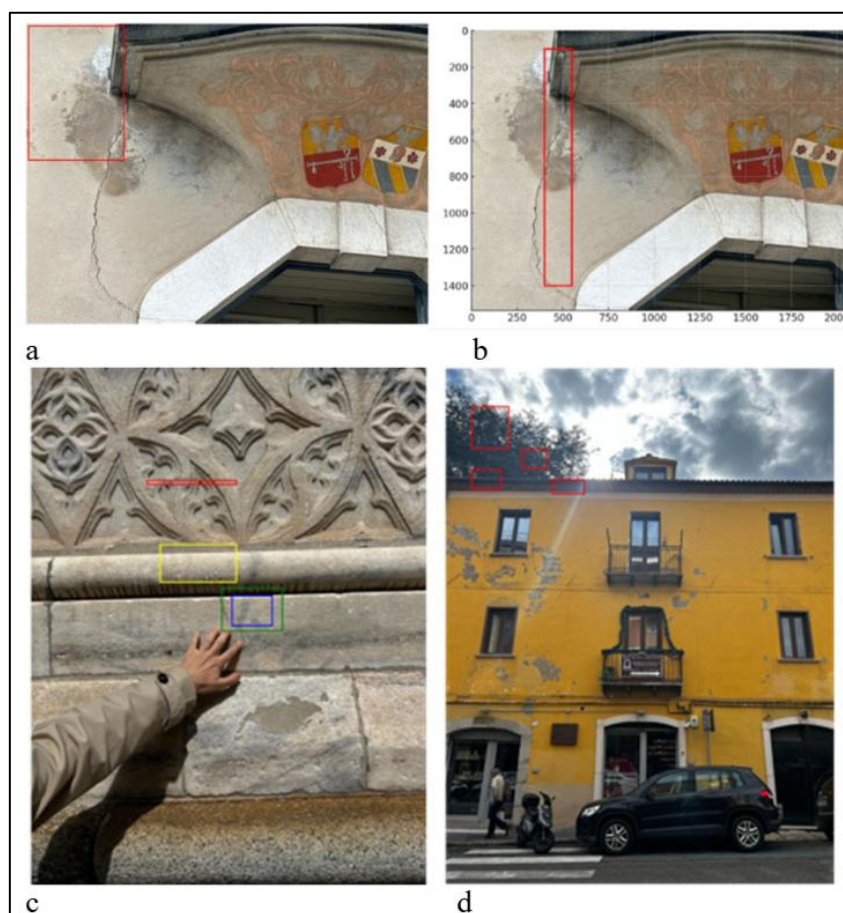
لازم به توجه است در پژوهشی دیگر (Cao et al., 2024)، یکی از موضوعاتی که با پرسشنامه پرسیده شد میزان کار گروهی بود که این موضوع در هوش مصنوعی نسبت به نرم‌افزارهای سه بعدی بیشتر بود بنابراین هوش مصنوعی بستری برای افزایش «تعامل اجتماعی» فراهم نمود.

پژوهشی دیگر با مرور ادبیات گذشته به این نتیجه رسید که هوش مصنوعی این قابلیت را دارد که امکان گفتگو بین انواع ذی‌نفعان در ارتباط با میراث فرهنگی را فراهم کند (Ghaith, 2024). این روش به نوعی با مولفه «تعامل اجتماعی» مرتبط است.

۳-۴. یافته‌های مرتبط با یادگیری ارتباط‌گرا

یک پژوهش با ادغام هوش مصنوعی و اینترنت اشیا^{۱۸} در حفاظت از میراث فرهنگی، از سیستم‌های نظارتی شبکه‌ای استفاده کرد که داده‌های لحظه‌ای را از منابع مختلف جمع‌آوری و تحلیل می‌کرد (Laohaviraphap & Waroonkun, 2024). این بررسی که بر مبنای پژوهش‌های قبلی بود بر فناوری‌هایی مانند نظارت لحظه‌ای، تحلیل‌های پیش‌بینی‌کننده و چارچوب‌های دوقلوی دیجیتال^{۱۹} تمرکز دارد. پلتفرم‌های مشارکتی مانند (H-BIM)^{۲۰} و (DT)^{۲۱} امکان همکاری بین رشته‌ای بین معماران، مهندسان، و متخصصان حفاظت را فراهم می‌سازد و با مولفه «شبکه‌سازی و ارتباطات» همخوانی دارد. فناوری‌های پیشرفته مانند شبکه‌های حسگر بیسیم (WSN)، الگوریتم‌های یادگیری عمیق^{۲۲} (Mask R-CNN, YOLO)، و شبیه‌سازی‌های دینامیک (مانند CFD) به‌منظور جمع‌آوری، تحلیل، و پیش‌بینی داده‌ها استفاده شده‌اند و مبین نقش «تسهیل فناوری» هستند. این ابزارها امکان نظارت و پاسخ سریع به تهدیدات را تسهیل می‌کنند.

میشرا و همکارانش در پژوهش خود از سیستم‌های تشخیص تصویر مبتنی بر یادگیری عمیق برای شناسایی آسیب‌های سطحی بناهای تاریخی استفاده کردند (شکل ۴). در این پژوهش از چت جی پی تی و مدل‌های از پیش آموزش دیده، با هدف شناسایی و توصیف آسیب‌های سطحی استفاده شد. و برای ارزیابی نتایج، از نظر متخصصان و سایر فناوری‌های هوش مصنوعی استفاده شد. آنها یافته‌های پژوهش را تایید کردند. این سیستم‌ها با پردازش داده‌های شبکه‌ای و تولید گزارش‌های دقیق، یادگیری را از طریق اتصال به منابع اطلاعاتی دیجیتال تسهیل می‌کنند (Mishra et al., 2024) و با پردازش داده‌های پیچیده و ایجاد ارتباط بین مفاهیم، «دانش پویا» را نمایش می‌دهند. این مدل‌ها همچنین به دانشجویان کمک می‌کنند تا با داده‌های تصویری تعامل داشته باشند و اطلاعات را تجزیه و تحلیل کنند و در نتیجه «مهارت‌های شناختی» آنها تقویت شوند.

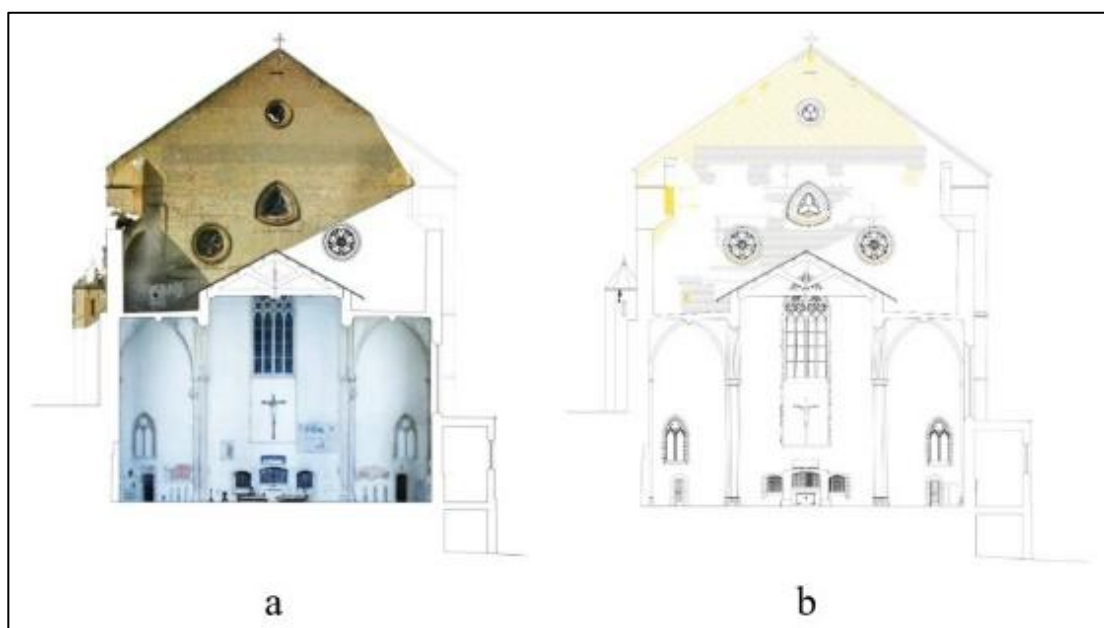


شکل ۴: تشخیص آسیب‌های سطحی نما با کمک چت جی پی تی که با مستطیل‌های رنگی در تصاویر متعدد مشخص شده و همراه با خط‌هایی است (Mishra et al., 2024).

Figure 4: Detection of surface damage on facades using ChatGPT, highlighted with colored rectangles in multiple images with some errors (Mishra et al., 2024).

در یک پژوهش از Art-Risk 3.0 که مبتنی بر هوش مصنوعی و منطق فازی است برای ارزیابی نیازهای حفاظت پیشگیرانه بناهای تاریخی استفاده شد (Moreno et al., 2023) و نتایج آن توسط کارشناسان مختلف مورد ارزیابی و تایید قرار گرفت. ابزار Art-Risk 3.0 از طیف گسترده‌ای از منابع برای ارزیابی ساختمان‌های میراثی استفاده می‌کند، از جمله موقعیت زمین‌شناسی، شرایط محیط ساخته‌شده، سیستم ساخت‌وساز، مخاطرات محیطی و ارزش فرهنگی. این متغیرها از رشته‌های مختلفی مانند معماری، مهندسی، مطالعات ژئوتکنیک، هواشناسی و مدیریت میراث فرهنگی استخراج می‌شوند. استفاده از منابع و تحلیل آنها می‌تواند یادگیری کاربر را بر اساس مواجهه با «منابع متنوع» افزایش دهد. این پلتفرم نرم‌افزاری، به معماران و سایر متخصصین مرتبط با میراث فرهنگی این امکان را می‌دهد تا داده‌ها را وارد کنند، ریسک‌ها را تحلیل نمایند و تجربیات عملی برای حفاظت از میراث فرهنگی ارائه کنند. این ابزار دیجیتال به عنوان یک نقطه تلاقی در شبکه‌های مشارکتی عمل می‌کند و به ذینفعان مختلف اجازه می‌دهد تا داده‌ها را ارائه کنند و نتایج را تفسیر نمایند. بر این اساس هوش مصنوعی نقش «همکار دیجیتال» را ایفا می‌کند.

در پژوهشی دیگر از هوش مصنوعی برای بازسازی هوشمند نماهای تاریخی استفاده شد (شکل ۵) و بر پردازش داده‌های شبکه‌ای برای تحلیل و بازسازی تأکید دارد (Colace et al., 2024). استفاده از داده‌های دیجیتال، استانداردهای مشترک (UNI 11182)، استفاده از مدل (U-Net) (برای اتصال داده‌ها به خروجی‌های معنادار)، و همکاری با جامعه دانشگاهی (جهت جمع‌آوری داده‌ها) نشان‌دهنده اتصال به منابع متعدد و یادگیری مبتنی بر شبکه است. به عبارت دیگر دانش از طریق تعاملات جمعی و منابع دیجیتال به اشتراک گذاشته می‌شود، و به این ترتیب، نیاز به حفظ داده‌ها نیست این روش در مولفه «اتصال به‌جای حفظ» اثر گذار است.

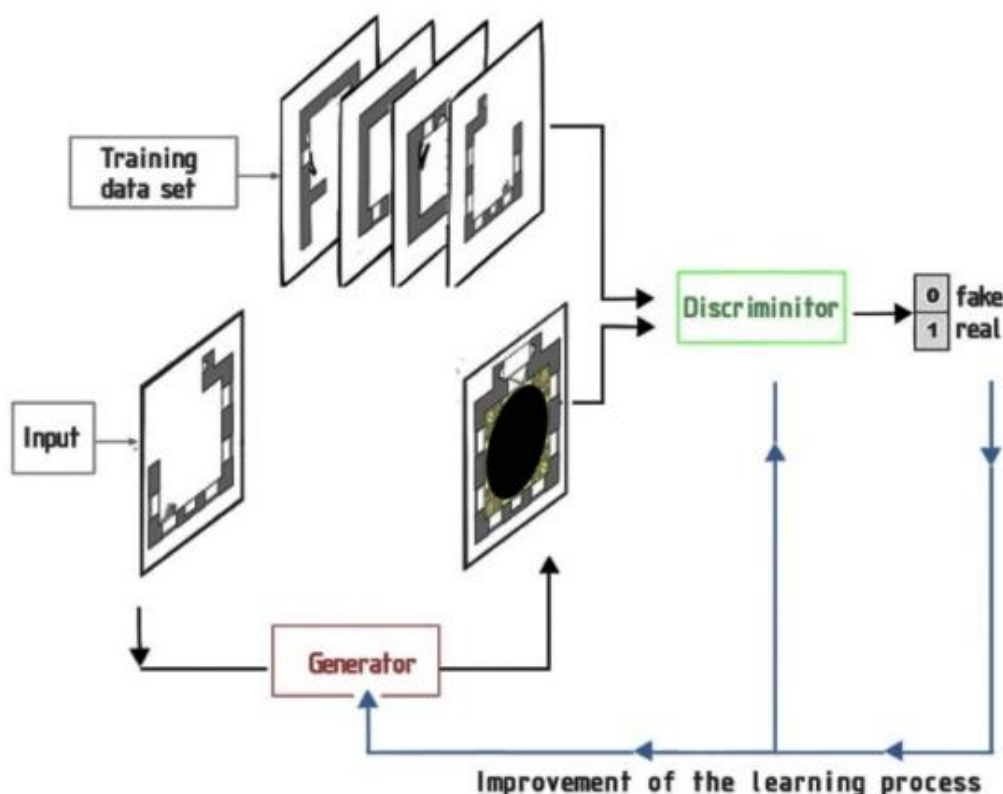


شکل ۵: a نمای کلیسای سانتا کیارا (نپال)، b مدل ساخته شده با استفاده از هوش مصنوعی از نما (قسمت‌های آسیب دیده با رنگ مشخص شده است) (Colace et al., 2024).

Figure 5: (a) Original facade of Santa Chiara Church (Nepal), (b) AI-reconstructed model of the facade (damaged areas highlighted in color) (Colace et al., 2024).

فنگ و همکارانش در یک پژوهش بازسازی دیجیتال بناهای تاریخی را با استفاده از الگوریتم‌های GAN و بازسازی سه‌بعدی بررسی کردند (Fang et al., 2024). با استفاده از این ابزارها، نمونه‌های از بناهای تاریخی داده می‌شود تا از این طریق هوش مصنوعی الگوهای حاکم بر بناهای تاریخی را یاد بگیرد. در مرحله بعد هوش مصنوعی می‌تواند بناهای مشابهی که بخشی از آنها تخریب شده را بازسازی کند. در این پژوهش با استفاده از بازسازی ابر نقاط سه‌بعدی (3D PC) و شبکه‌های مولد رقابتی (GANs) برای بهبود دقت و کارایی مرمت پیشنهاد شد. یک مدل دیجیتال برای بازسازی با ترکیب این دو فناوری هوش مصنوعی ساخته شد تا بازسازی دقیق و کارآمد ساختمان‌های تاریخی از طریق فرآیندهای یادگیری رقابتی مداوم امکان‌پذیر شود. سپس با کمک نتایج تجربی، خطاهای مدل مورد نظر سنجیده شد نتایج حاکی از دقت بسیار بالای این مدل داشت. اتصال ابزارهای فناوری و داده‌های چندمنبعی در این فرآیند، با ویژگی «شبکه‌سازی و ارتباطات» همخوانی دارد چراکه این سیستم‌ها امکان تبادل داده‌های پیچیده (مانند اسکن سه‌بعدی، تصاویر چندنمایی، و مدل‌های هوش مصنوعی) را فراهم می‌کنند و پلتفرم‌های دیجیتالی مانند Digital Twin را برای مشارکت متخصصان در فرآیند بازسازی ایجاد می‌نمایند. فناوری‌های مورد بحث قادر به تطبیق با انواع مختلف ساختمان‌های تاریخی، و انواع آسیب‌ها هستند. همچنین مقاله نشان می‌دهد که مدل‌های GAN و بازسازی سه‌بعدی به دانشجویان امکان پردازش داده‌های پیچیده و تغییرپذیر را می‌دهند، که با «انعطاف‌پذیری» مرتبط است.

در یک پژوهش (Karadag, 2023) از شبکه‌های مولد رقابتی شرطی (cGANs) برای پیش‌بینی بخش‌های حذف شده یا آسیب‌دیده ساختمان‌های تاریخی در محدوده مقبره‌های اولیه عثمانی استفاده شد (شکل ۶). بر اساس نتایج، این روش در بازتولید بخش‌های تخریب شده بنا بسیار موثر بود. استفاده از سیستم‌هایی مانند AlphaGo که از طریق تعامل با محیط و تجربه (بازیهای متعدد) بهبود می‌یابند، می‌تواند در خصوص مولفه «یادگیری مداوم» اثرگذار باشد، چرا که سیستم به‌مرور زمان و با داده‌های جدید، خود را به روز می‌کند. بر این اساس دانشجویان به‌طور مستمر با داده‌های جدید تعامل دارند و دانش خود را از طریق شبکه‌های اطلاعاتی گسترش می‌دهند. استفاده از داده‌های شبکه‌ای در مولفه افزایش «مهارت‌های شناختی» اثرگذار است. در این راستا شبکه‌های GAN به دانشجویان کمک می‌کند تا الگوهای معماری را تحلیل و تفکر تحلیلی و حل مسئله را تقویت کنند.



شکل ۶: استفاده از شبکه‌های GAN برای پیش‌بینی قسمت‌های آسیب دیده بنا (Karadag, 2023).

Figure 6: Using GAN Networks to Predict Damaged Sections of Historical Buildings (Karadag, 2023).

یک پژوهش (McCapra, 2017) کاربرد هوش مصنوعی در ارزیابی تشخیص آسیب، نظارت محیطی و ترکیب اطلاعات را مورد بررسی قرار داد. هدف پژوهش افزایش دقت، کارایی و دسترسی به داده‌های جامع برای حفاظت بهتر و هدفمندتر میراث فرهنگی بود. این سیستم‌ها با اتصال به شبکه‌های دیجیتال و تسهیل همکاری میان‌رشته‌ای، «همکاری دیجیتال» را افزایش می‌دهند. در واقع سیستم‌های هوش مصنوعی مانند پروژه‌های مدیریت ریسک در محیط‌های تاریخی، داده‌ها را از منابع مختلف (حفاظت‌گران، معماران، برنامه‌ریزان شهری) جمع‌آوری و یکپارچه می‌کردند. سیستم‌هایی مانند وردسمیث^{۲۳} یا کویل^{۲۴} داده‌ها را به محتوای قابل درک تبدیل می‌کردند، و این موضوع می‌تواند مرتبط با مولفه «تسهیل فناوری» باشد. همچنین سیستم‌هایی مانند AlphaGo از طریق تعامل با محیط و تجربه (بازی‌های متعدد) بهبود می‌یابند و استفاده از آنها می‌تواند «یادگیری مداوم» را افزایش دهد، چرا که سیستم به‌مرور زمان و با داده‌های جدید، عملکرد خود را به‌روز می‌کند. استفاده از سیستم‌های داده محور، همکاری در شبکه‌های بین‌رشته‌ای قابلیت جستجو در منابع مستقل را فراهم می‌کند و می‌تواند عامل افزایش مولفه «یادگیری خود - رهبر» شود. هر چند پژوهش حاضر اطلاعات نظری متعددی در خصوص کاربرد هوش مصنوعی در رشته مرمت ارائه می‌کند با این حال برای افزایش اعتبار این نظرات، انجام پژوهش‌های تجربی بیشتر در این خصوص ضروری است.

در مجموع، یافته‌ها نشان می‌دهد که کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش مرمت محدود به یک نظریه یادگیری خاص نبوده و در بسیاری از موارد، تلفیقی از رویکردهای مختلف مشاهده می‌شود. با این حال، در این پژوهش، هر مقاله بر اساس بیشترین میزان انطباق مفهومی با یکی از نظریه‌ها طبقه‌بندی شده است. فهرست کامل مقالات و دسته‌بندی آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: خلاصه یافته‌ها در خصوص شیوه‌های استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مرمت بر مبنای نظریه های یادگیری
Table 1: Summary of Findings on AI Applications in Restoration Education Based on Learning Theories

نظریه یادگیری Learning Theory	منبع Reference	خلاصه Summary
یادگیری تجربی Experiential Learning	(Cao et al., 2024)	بررسی تطبیقی کاربرد هوش مصنوعی و واقعیت مجازی در آموزش معماری پایدار، با تأکید بر تجربه‌های شبیه‌سازی‌شده برای «تجربه عینی» و «چرخه‌ای بودن» یادگیری Comparative analysis of AI and VR in sustainable architecture education, emphasizing concrete experience and cyclical learning.
	(Abidah, 2023)	هوش مصنوعی با فراهم کردن شبیه‌سازی‌های واقعی و مدل‌سازی سه‌بعدی، برای افزایش «تجربه عینی» AI-enabled 3D modeling and realistic simulations enhance concrete experience in heritage conservation.
	(Lee et al., 2021)	توسعه برنامه واقعیت افزوده برای آموزش حفاظت میراث، تأکید بر «تجربه عینی» Augmented reality program for heritage education, focusing on concrete experience.
	(Sadek & Mohamed, 2023)	تحلیل شواهد تجربی از هوش مصنوعی به‌عنوان ابزاری آموزشی در طراحی، با تأکید بر «تأمل بر تجربه» و «آزمایش فعال» AI as a design tool promotes experimental reflection and active testing.
	(Wang et al., 2019)	تشخیص آسیب‌های سازه‌های تاریخی، تحلیل داده‌های واقعی ناشی از نمونه‌های مرمت شده توجه بر ویژگی «تجربه عینی» و «مفهوم‌سازی انتزاعی» AI detects structural damage in historical buildings, linking to concrete experience and abstract conceptualization.
سازنده‌گرایی Constructivism	(Ceylan, 2021)	کاوش نقش هوش مصنوعی در مبنای پژوهش‌های قبلی، برای افزایش «یادگیری فعال» و «تکیه بر دانش قبلی» Examines AI's role in boosting active learning and prior knowledge integration based on previous literature.
	(Başarı, 2022)	هوش مصنوعی (نرم‌افزار پایتون) در آموزش مرمت در راستای یادگیری فعال و ساخت دانش و همینطور یادگیری مشارکتی و اهمیت ویژگی‌های «یادگیری فعال» و «تکیه بر دانش قبلی» AI(Python) supports active learning and collaborative knowledge construction in restoration.
	(Dwijendra et al., 2024)	استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی، تسریع بخش فرآیند طراحی و افزایش بهره‌وری انرژی، تقویت «یادگیری تاملی» AI tools accelerates design processes while fostering reflective learning.
	(Cao et al., 2024)	استفاده از هوش مصنوعی در طراحی معماری و افزایش «تعامل اجتماعی» AI tools increase social interaction in architectural design.
	(Novoselchuk et al., 2023)	کاوش پتانسیل‌های هوش مصنوعی در آموزش، با تکیه بر «تمرکز بر فرآیند» و «تعامل اجتماعی» Explores AI's potential for process-focused learning and social interaction.
ارتباط‌گرایی Connectivism	(Ghaith, 2024)	تأکید بر همکاری بین‌رشته‌ای و ادغام دانش سنتی با فناوری‌های مدرن، مولفه‌های «تعامل اجتماعی» Highlights interdisciplinary collaboration (social interaction) via AI.
	(Colace et al., 2024)	استفاده از هوش مصنوعی و اتصال منابع مختلف برای بازسازی هوشمند نمای تاریخی، اهمیت «اتصال به‌جای حفظ» AI and connection of difference sources for smart facade restoration, emphasizing connection over memorization.
	(Fang et al., 2024)	بازسازی دیجیتال بناهای تاریخی با ادغام بازسازی سه‌بعدی و الگوریتم‌های GAN، اهمیت مولفه «شبکه‌سازی و ارتباطات» و «انعطاف‌پذیری».

Digital reconstruction of historical buildings through the integration of 3D reconstruction and GAN algorithms, emphasizing the components of "Networking and Communication" and "Flexibility."		
کاربرد یادگیری ماشینی و استفاده از شبکه‌ای cGAN، توجه به مولفه «مهارت‌های ساختی» و «یادگیری مداوم» Application of machine learning and the use of a cGAN network, with attention to the components of "Cognitive Skills" and "Continuous Learning."	(Karadag, 2023)	
مرور سیستماتیک ادغام هوش مصنوعی و اینترنت اشیا در حفاظت از میراث فرهنگی، با تمرکز بر «شبکه‌سازی و ارتباطات» و «تسهیل فناوری» Systematic review of the integration of artificial intelligence and the Internet of Things in cultural heritage preservation, focusing on "Networking and Communication" and "Technology Facilitation."	(Laohaviraphap & Waroonkun, 2024)	
اتصال به شبکه‌های دیجیتال و تسهیل همکاری میان‌رشته‌ای، با مولفه «همکاری دیجیتال»، «تسهیل فناوری»، «یادگیری مداوم» و «یادگیری خود-رهبر» Connecting to digital networks and facilitating interdisciplinary collaboration, highlighting the components of "Digital Collaboration," "Technology Facilitation," "Continuous Learning," and "Self-directed Learning."	(McCapra, 2017)	
مقایسه سیستم‌های بازرسی بصری مبتنی بر یادگیری عمیق برای بناهای تاریخی، توجه بر «دانش پویا» و «مهارت‌های شناختی» دانشجویان Deep learning for visual inspection of historical buildings, promoting dynamic knowledge and cognitive skills.	(Mishra et al., 2024)	
استفاده از پلت فرم Art-Risk 3.0 برای نظارت بر حفاظت و بازسازی بناهای تاریخی، توجه به «منابع متنوع»، «همکاری دیجیتال» Use of the Art-Risk 3.0 platform for monitoring the preservation and restoration of historical buildings, emphasizing "Diverse Resources" and "Digital Collaboration."	(Moreno et al., 2023)	

۵. بحث

با توجه به کمبود مطالعات لازم در حوزه کاربرد هوش مصنوعی و آموزش مرمت، پژوهش حاضر تلاش کرد تا با بررسی پژوهش‌های قبلی، این موضوع را مورد بررسی و کنکاش قرار دهد و برای این منظور از نظریه‌های یادگیری استفاده شد تا جایگاه هر یک از مطالعات قبلی مربوط به هوش مصنوعی را به شکلی دقیق و علمی در آموزش مرمت مشخص کند. یافته‌ها نشان می‌دهد که هوش مصنوعی ابزارهای برای تحول در یادگیری انواع دروس رشته مرمت فراهم کند. یافته‌های مرتبط با یادگیری تجربی نشان می‌دهد در حوزه آموزش مرمت، استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند بر هر یک از مولفه‌های: تجربه عینی، تأمل بر تجربه، مفهوم‌سازی انتزاعی، آزمایش فعال و چرخه‌ای بودن اثر داشته باشد با این حال بیشترین اثر گذاری بر «تجربه عینی» است (جدول ۲). این موضوع بدلیل توانمندی هوش مصنوعی در شبیه‌سازی و بازنمایی بناهای تاریخی و آسیب‌های آن است و این قابلیت می‌تواند در رشته مرمت و دروس آن که غالباً مهارتی است اثربخش باشد. با این حال اثر کمتر هوش مصنوعی در سایر مولفه‌ها نشان از این دارد که نقش معلمین و اثربخشی آن در انتقال مفاهیم به دانشجویان همچنان پابرجاست.

در خصوص یادگیری سازنده‌گرا، به غیر از مولفه «متن محوری» سایر مولفه‌ها در آموزش مرمت با تکیه بر هوش مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس میزان استفاده، بیشترین ارتباط مربوط به تعامل اجتماعی، سپس یادگیری فعال و تکیه بر دانش قبلی و در نهایت تأمل و مولفه تمرکز بر فرایند کمتر مورد توجه است (جدول ۲). توانمندی هوش مصنوعی در افزایش کار گروهی و ارتباط بین متخصصین و ذی‌نفعان هم در رشته مرمت و هم آموزش آن نقش موثری دارد، به‌ویژه می‌تواند عامل افزایش تجربه کار گروهی بین دانشجویان در پروژه‌های عملی شود. در خصوص یادگیری فعال و تکیه بر دانش قبلی باید به این موضوع توجه داشت که برای ارتقا این دو مولفه، بایستی تجربه دانشجویان در استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی ارتقا یابد و بر این اساس ممکن است ارائه واحدهای درسی برای افزایش مهارت دانشجویان در استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی ضروری باشد. در خصوص یادگیری سازنده‌گرا، مولفه متن محوری اهمیت بالایی بویژه در رشته مرمت دارد اما در پژوهش حاضر ارتباطی بین این مولفه با هوش مصنوعی

مشاهده نشد. با این حال با توجه به اهمیت این مولفه در رشته مرمت، باید پژوهش‌های آینده تمرکز بیشتری بر این موضوع داشته باشد.

جدول ۲: بررسی میزان تاکید بر مولفه‌های ۲ نظریه یادگیری تجربی و سازنده گرا در ارتباط با استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مرمت

Table 2: Analysis of Emphasis on Components of Experiential and Constructivist Learning Theories in AI Applications for Restoration Education

یادگیری سازنده گرا/Constructivist Learning						یادگیری تجربی/Experiential Learning					
تمرکز بر فرآیند/Process Focus	تأمل/Reflection	متن محوری/Contextual Learning	تعامل اجتماعی/Social Interaction	تکیه بر دانش قبلی/Prior Knowledge Integration	یادگیری فعال/Active Learning	چرخه‌ای بودن/Cyclical Nature	آزمایش فعال/Active Experimentation	مفهوم‌سازی انتزاعی/Abstract Conceptualization	تأمل بر تجربه/Reflection on Experience	تجربه عینی/Concrete Experience	مولفه/Component
1	1	0	3	2	2	1	1	1	1	4	تعداد Number
11%	11%	0	33%	22%	22%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	50%	درصد Percentage

در ادامه یافته‌های حاصل از ارتباط بین مولفه‌های یادگیری ارتباط‌گرا با هوش مصنوعی نشان می‌دهد که مولفه‌های مربوطه به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول شامل شبکه‌سازی و ارتباطات، تسهیل فناوری، مهارت‌های شناختی و همکاری دیجیتال می‌شود که توجه بیشتری نسبت به آنها در مقایسه با دسته دوم شده است. دسته دوم شامل: دانش پویا، یادگیری خود-رهبر، منابع متنوع، یادگیری مداوم، اتصال به‌جای حفظ و انعطاف‌پذیری است که در آموزش مرمت استفاده کمتری می‌شود (جدول ۳). در خصوص یادگیری ارتباط‌گرا، استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مرمت با محدودیت‌های مواجهه است که شامل کاهش مولفه‌های مرتبط با دانش پویا، و منابع متنوع است این موضوع می‌تواند بدلیل کمبود دانش دیجیتال مرتبط با مرمت باشد که در مولفه اتصال به‌جای حفظ نیز اثرگذار است.

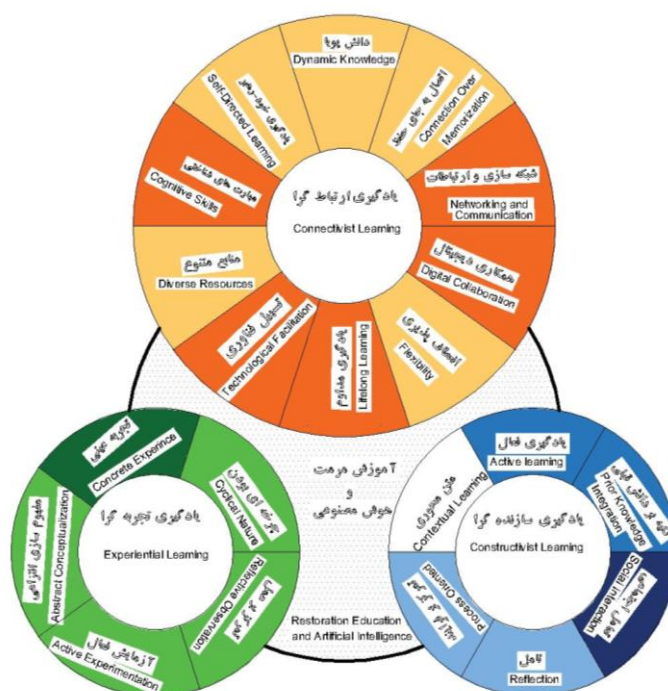
یافته‌ها به سوال پژوهش (چه ارتباطی بین شیوه‌های استفاده از هوش مصنوعی با آموزش رشته مرمت بر مبنای نظریه‌های یادگیری وجود دارد؟) پاسخ می‌دهد. خلاصه یافته‌ها در ارتباط با سه نظریه یادگیری در شکل ۷ ارائه شده است.

در حالی که هوش مصنوعی پتانسیل قابل توجهی در حفاظت و بازسازی ساختمان‌ها ارائه می‌دهد، چالش‌ها و محدودیت‌هایی نیز وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرند. اثربخشی سیستم‌های هوش مصنوعی به کیفیت و دسترسی داده‌ها بستگی دارد. در برخی موارد، داده‌های مورد نیاز برای آموزش مدل‌های هوش مصنوعی ممکن است محدود یا ناقص باشند، که می‌تواند بر دقت نتایج تأثیر بگذارد (Fang et al., 2024; Mishra et al., 2024). ساختمان‌های تاریخی اغلب دارای ساختارهای پیچیده و مولفه‌های منحصر به فردی هستند که می‌توانند کاربرد مؤثر فناوری‌های هوش مصنوعی را دشوار کنند. این ممکن است نیازمند توسعه راه‌حل‌های سفارشی متناسب با نیازهای خاص هر ساختمان باشد (Colace et al., 2024; Fang et al., 2024). همچنین حساسیت‌های اخلاقی و فرهنگی مرتبط با استفاده از هوش مصنوعی در بازسازی وجود دارد. این موضوع می‌تواند شامل مسائل مربوط به اصالت، نگرانی در ارتباط با از دست رفتن ارزش‌های هنر سنتی باشد (Ghaith, 2024; McCapra, 2017) و همین‌طور شامل توسعه دستورالعمل‌های اخلاقی، گنجاندن دیدگاه‌های متنوع و حفظ هنر سنتی شود (Ghaith, 2024; McCapra, 2017). پیشنهاد می‌شود تحقیقات آینده

بر توسعه چارچوب‌های اخلاقی برای استفاده از هوش مصنوعی در آموزش رشته مرمت متمرکز شوند تا ارزش‌های فرهنگی که جز مهم رشته مرمت است مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۳: بررسی میزان تاکید بر مولفه‌های نظریه یادگیری ارتباط گرا و استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مرمت
Table 3: Examining the Emphasis on Components of Connectivism Learning Theory in Relation to the Use of Artificial Intelligence in Restoration Education

مؤلفه/Component	شبکه‌سازی و ارتباطات/Networking and Communication	دانش پویا/Dynamic Knowledge	تسهیل فناوری/Technology Facilitation	یادگیری خود-رهبر/Self-Directed Learning	مهارت‌های شناختی/Cognitive Skills	منابع متنوع/Diverse Resources	یادگیری مداوم/Lifelong Learning	اتصال به جای حفظ/Connection Over Memorization	انعطاف‌پذیری/Flexibility	همکاری دیجیتال/Digital Collaboration
تعداد/Number	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2
درصد/Percentage	14%	7%	14%	7%	14%	7%	14%	7%	7%	14%



شکل ۷: ارتباط مولفه‌های هر یک از نظریه یادگیری در ارتباط با استفاده از هوش مصنوعی در آموزش مرمت (مولفه‌هایی که بیشتر مورد توجه بودند پررنگ‌تر هستند).

Figure 7: The relationship between the components of each learning theory in relation to the use of artificial intelligence in restoration education (the components that received more attention are bolded).

۶. نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط و جایگاه هوش مصنوعی در آموزش مرمت با کمک نظریه های یادگیری بود. در این خصوص، ابتدا مولفه های مربوط به یادگیری تجربی، سازنده گرا و ارتباط گرا ارائه گردید. در ادامه با تحلیل کیفی، ارتباط این مولفه ها با پژوهش های مربوط به رشته مرمت مورد بررسی قرار گرفت. یافته ها نشان داد که در آموزش مرمت، هوش مصنوعی می تواند بر برخی مولفه های نظریه های یادگیری اثر بیشتری داشته باشد. مولفه هایی مانند تجربی عینی و تعامل اجتماعی در آموزش مرمت اهمیت دارد، چرا که رشته مرمت، رشته مهارتی و نیازمند به تجربه است و مبتنی به همکاری با گروه های متعددی است. باید توجه داشت که رشته مرمت با موضوعات متنوع و گسترده مواجه است که آموزش آن را با پیچیدگی های همراه می کند. برای مواجهه با این موضوع، مولفه هایی مثل تسهیل فناوری، شبکه سازی و ارتباطات، یادگیری مداوم و همکاری دیجیتال در ارتباط با یادگیری ارتباط گرا اهمیت دارد و هوش مصنوعی می تواند ابزارهای کارامدی را در این حوزه ارائه کند. با این حال استفاده از هوش مصنوعی به عنوان ابزار یادگیری دارای محدودیت هایی است، برخی از مولفه های یادگیری (مانند یادگیری فعال، تکیه بر دانش قبلی) نیاز به مهارت دانشجویان در استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی دارد همچنین بخش قابل توجهی از دانش مرمت متکی به زمینه های تاریخی است و بسیاری از این اطلاعات هنوز وارد حوزه دیجیتال نشده اند. از این رو مربیان باید با آگاهی از هوش مصنوعی در رشته های مرمتی از آن استفاده کنند.

همان طور که قبلاً اشاره شد آموزش مرمت طیف متنوعی از مباحث نظری و عملی را شامل می شود که هر کدام می تواند مبتنی بر شیوه خاصی از یادگیری باشد یافته های این پژوهش ارتباط بین نظریه های یادگیری و هوش مصنوعی را مشخص کرده است. بر این اساس این پژوهش می تواند هم برای پژوهشگران و هم معلمان مورد استفاده قرار گیرد. معلمان می توانند با توجه به محتوای دروس و ارتباط آنها با مولفه های نظریه های یادگیری، ابزار هوش مصنوعی مناسب را انتخاب کنند. در عین حال، پژوهشگران می توانند با کمک یافته های پژوهش در قالب پژوهش موردی در مقیاسی جزئی تر، تأثیر هوش مصنوعی را بر هر یک از مباحث درسی رشته مرمت، مورد مطالعه دقیق تر قرار دهند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می کنند که هیچ گونه تضاد منافع که مرتبط با این پژوهش باشد وجود ندارد.

پی نوشت

^۱ Experiential Learning Theory

^۲ Constructivism

^۳ Connectivism theory

^۴ David Kolb

^۵ Directed Qualitative Content Analysis

^۶ در بسیاری از کشورها، مرمت جزئی از معماری بوده و تشابهات زیادی بین این دو رشته وجود دارد. همچنین در انتخاب منابع سعی شد اگر منبع مورد نظر در ارتباط با آموزش معماری است، به موضوعاتی مثل طراحی در زمینه تاریخی توجه شود یا در هر صورت محتوای مقاله بتوانند در دروس مرمت هم کاربرد داشته باشد.

^۷ Architectural computation

^۸ Peer debriefing

^۹ Chat Gpt

^{۱۰} MidJourney

^{۱۱} DALL-E

^{۱۲} Deep learning

^{۱۳} Machine learning

^{۱۴} با کمک نرم افزار پایتون و کد برنامه نویسی مرتبط، می توان فرم مورد نظر را تولید کرد و برای این موضوع قابلیت های زیادی وجود دارد. این در حالی است که امکان تولید تصویر، در نرم افزارهای مربوطه (مانند Auto cad, 3D Max)، محدود به دستورات تعریف شده در آن نرم افزار است.

^{۱۵} Collective intelligence

^{۱۶} بهطور مثال، نرم‌افزار گراس هاپر (Grasshopper) که در برنامه راینو (Rhino) نصب می‌شود می‌تواند برای تولید فرم استفاده گردد.

^{۱۷} مانند نرم‌افزار BIM (Building information modelling)

^{۱۸} IoT

^{۱۹} چارچوب‌های دوقلوی دیجیتال شامل ایجاد نسخه‌های مجازی از اشیاء فیزیکی، مانند ساختمان‌های میراثی است. این مدل‌های دیجیتال داده‌های لحظه‌ای از حسگرهای اینترنت اشیاء، تحلیل‌های هوش مصنوعی و دیگر فناوری‌ها را یکپارچه می‌کنند. آن‌ها امکان نظارت مداوم، شبیه‌سازی‌ها و نگهداری پیش‌بینی‌شده را با بازتاب شرایط فعلی ساختار فیزیکی و شبیه‌سازی واکنش آن به چالش‌های محیطی و ساختاری فراهم می‌کنند. این رویکرد تلاش‌های حفاظتی را تقویت کرده و به برنامه‌ریزی برای مداخلات پیشگیرانه کمک می‌کند.

^{۲۰} Heritage Building Information Modeling

^{۲۱} Digital Twin

^{۲۲} هوش مصنوعی مدیون روش‌های مثل یادگیری عمیق است که کمک می‌کند تا ماشین بصورت خودکار، ویژگی‌های مورد نظر را از داده‌های خام استخراج کند. این روش، هوش مصنوعی را برای حل مسائلی که استخراج دستی ویژگی‌ها در آنها بسیار سخت یا غیرممکن بود (مثل تشخیص اشیاء در تصاویر، فهم زبان طبیعی، تشخیص گفتار) فوق‌العاده قدرتمند کرده است.

^{۲۳} Wordsmith

^{۲۴} Quill

منابع / References

- Abidah, A. (2023). Transformasi Digital: Peran AI dalam Konservasi dan Restorasi Bangunan Heritage. *SEMINAR NASIONAL DIES NATALIS 62, 1*, 233–238.
- Ahekan, A., Mural, V., & Voronchak, I. (2023). Future Education: In the Age of Artificial Intelligence. In I. Tatomyr & L. Kvasnii (Eds.), *Artificial intelligence: An era of new threats or opportunities?* (pp. 64–73). Oktan Print.
- Ashrafjanjouei, M., & Nadimi, H. (2024). Exploring the impact of the direct experience of architecture precedents: A study of master student teams. *International Journal of Technology and Design Education, 34*, 1931–1953.
- Bakhshi Khilgavani, V., Aliaabadi, Kh., Nili Ahmadabadi, M., Barzouyan, S., & Delavar, A. (2023). Determining the Elements of an Instructional Model for Connectivist Learning Environments. *Educational Technology Journal, 17*(4), 837–848.
- [بخشی خیلگاوانی، و.، علیآبادی، خ.، نیلی احمدآبادی، م.، برزوین، ص.، و دلاور، ع. (۱۴۰۲). تعیین عناصر الگوی آموزشی برای محیط یاددهی یادگیری ارتباط گرای، نشریه فناوری آموزش، ۱۷ (۴)، ۸۴۸–۸۳۷]
- Başarır, L. (2022). Modelling AI in architectural education. *Gazi University Journal of Science, 35*(4), 1260–1278.
- Cannarsa, M. (2021). Ethics guidelines for trustworthy AI. *The Cambridge Handbook of Lawyering in the Digital Age*, 283–297.
- Cao, Y., Gao, X., Yin, H., Yu, K., & Zhou, D. (2024). Reimagining Tradition: A Comparative Study of Artificial Intelligence and Virtual Reality in Sustainable Architecture Education. *Sustainability, 16*(24), 11135.
- Ceylan, S. (2021). Artificial Intelligence in Architecture: An Educational Perspective. *CSEDU (1)*, 100–107.
- Colace, F., Gaeta, R., Lorusso, A., & Santaniello, D. (2024). Smart Restoration: AI for Historical Façade. *2024 IEEE Workshop on Complexity in Engineering (COMPENG)*, 1–5.
- Dewey, J. (1986). Experience and Education. *The Educational Forum, 50*(3), 241–252.
- Downes, S. (2008). *An introduction to connective knowledge*. In: Media, Knowledge & Education: Exploring New Spaces, Relations and Dynamics in Digital Media Ecologies
- Dwijendra, N. K. A., Dewi, N. M. E. N., Hendrawan, F., Dinata, R. D. S., Pranajaya, I. K., & Suryani, N. K. (2024). *Integrating Artificial Intelligence in Architectural Education for Sustainable Development: A Case Study in Bali*.
- Fang, T., Hui, Z., Rey, W. P., Yang, A., Liu, B., & Xie, Z. (2024). Digital Restoration of Historical Buildings by Integrating 3D PC Reconstruction and GAN Algorithm. *Journal of Artificial Intelligence and Technology, 4*(2), 179–187.
- Fosnot, C. T., & Perry, R. S. (1996). Constructivism: A psychological theory of learning. *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice, 2*(1), 8–33.
- Ghaith, K. (2024). AI integration in cultural heritage conservation—Ethical considerations and the human imperative. *International Journal of Emerging and Disruptive Innovation in Education: VISIONARIUM, 2*(1), 6.

- Giretti, A., Durmus, D., Vaccarini, M., Zambelli, M., Guidi, A., & di Meana, F. R. (2023). Integrating Large Language Models in Art and Design Education. *International Association for Development of the Information Society*.
- Hsieh, H.-F., & Shannon, S. E. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277–1288.
- Karadag, I. (2023). Machine learning for conservation of architectural heritage. *Open House International*, 48(1), 23–37.
- Keshavarz, M., Mehdizadeh, F., & Jebelameli, A. (2018). Teaching Historic Building Restoration with an Interdisciplinary Approach. *Soffeh*, 28(2), 85–98.
- [کشاوری، م.، مهدی زاده، ف.، جبل عاملی، ع. (۱۳۹۷). آموزش مرمت بناهای تاریخی با رویکرد علوم میان رشته‌ای. صفحه ۲۸ (۲)، ۸۵–۹۸]
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice-Hall.
- Laohaviraphap, N., & Waroonkun, T. (2024). Integrating Artificial Intelligence and the Internet of Things in Cultural Heritage Preservation: A Systematic Review of Risk Management and Environmental Monitoring Strategies. *Buildings*, 14(12), 3979.
- Lee, L.-K., Chui, K. T., Chiu, C.-M., Lo, P.-Y., Tsoi, S.-W., & Wu, N.-I. (2021). An intelligent augmented reality mobile application for heritage conservation education. *Proceedings of the International Conference on Smart Systems and Advanced Computing (Syscom)*, 1–7.
- McCapra, A. (2017). 326—Conservation in the age of the robot. *Journal of the Institute of Conservation*, 40(2), 190–197.
- Mishra, M., Zhang, K., Mea, C., Barazzetti, L., Fassi, F., Fiorillo, F., & Previtali, M. (2024). Deep Learning-Based AI-Assisted Visual Inspection Systems for Historic Buildings and their Comparative Performance with ChatGPT-4O. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 327–334.
- Moreno, M., Prieto, A. J., Ortiz, R., Cagigas-Muñoz, D., Becerra, J., Garrido-Vizuet, M. A., Segura, D., Macías-Bernal, J. M., Chávez, M. J., & Ortiz, P. (2023). Preventive Conservation and Restoration Monitoring of Heritage Buildings Based on Fuzzy Logic. *International Journal of Architectural Heritage*, 17(7), 1153–1170.
- Nilsson, N. J., Hilpisch, Y., Yao, M., Zhou, A., Jia, M., Baesen, B., VLASSELAER, V., & Verbeke, W. (2010). The quest for ai: A history of ideas and achievements.
- Novoselchuk, N., Shevchenko, L., & Macc, E. (2023). Artificial intelligence in architecture and education: Potential, tendencies, perspectives. In I. Tatomyr & L. Kvasnii (Eds.), *Artificial intelligence: An era of new threats or opportunities?* (pp. 125–136). Oktan Print.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Trans. D. Coltman.
- Sadek, M. R., & Mohamed, N. A. G. (2023). Artificial Intelligence as a pedagogical tool for architectural education: What does the empirical evidence tell us? *MSA Engineering Journal*, 2(2), 133–148.
- Seif, A. (2008). *Educational Psychology*. Tehran: Payame Noor Publications.
- [سیف، علی (۱۳۸۷). روانشناسی تربیتی. تهران: نشر پیام نور.]
- Siemens, G. (2006). *Knowing knowledge*. Lulu. com.
- Spall, S. (1998). Peer debriefing in qualitative research: Emerging operational models. *Qualitative Inquiry*, 4(2), 280–292.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Vol. 86). Harvard university press.
- Wang, N., Zhao, X., Zhao, P., Zhang, Y., Zou, Z., & Ou, J. (2019). Automatic damage detection of historic masonry buildings based on mobile deep learning. *Automation in Construction*, 103, 53–66.
- Zhang, Y., & Wildemuth, B. M. (2009). Qualitative analysis of content. In B. M. Wildemuth (Ed.), *Applications of social research methods to questions in information and library science* (2nd edition, pp. 318–329). Libraries Unlimited.