



Examining the Concern of Architects Towards Replacing Designers with Artificial Intelligence in the Third Millennium

Mostafa Yazdani¹, Mohammadreza Akbarian²

Received: 2023-02-23 , Accepted: 2023-06-30

DIO: 10.22034/RAU.2023.1990275.1033

Abstract

Human societies have always been progressing in all aspects, and different sciences have had an upward trend alongside each other. In the meantime, the speed of development of sciences related to new technologies, especially computers, has been several times, and perhaps hundreds of times faster compared to other sciences. The advancement of technology is not an individual or group factor that we can easily control, or change its speed. It is rather considered a huge and collective movement concerning society and the world, which is beyond our control. And its pace is adjusted according to the needs of the majority of human societies. The emergence of new technologies has always had supporters and opponents and has caused concerns for some jobs, but in most cases, it has worked to improve human life, and of course, its negative and destructive effects on some jobs and professions are undeniable. But with the disappearance of old jobs, new jobs related to new technology are also introduced, which replace obsolete jobs. However, adapting to new jobs will also be challenging since not all those working in an old profession can quickly adapt to new things. Therefore, these new facilities are defined as a big challenge for some and maybe a threat. With the advancement of artificial intelligence in the field of architectural design, questions have been raised about the importance of the position of the architect and the technology that can perform the tasks of an architect one by one, which can help architects in designing or building, and they are becoming more advanced and independent every day. This development will probably have consequences for certain groups in the field of architecture. Replacing an architect engineer with artificial intelligence is considered the most evident concern in these changes. Accordingly, researchers have conducted plentiful research to answer some of the architects' concerns about the possibility of being replaced with artificial intelligence. They have measured

1. Master of Architectural Engineering, University of Soore, Tehran, Iran (Corresponding Author).

Email: MoYazdani110@gmail.com

2. Department of interior architecture , faculty of architecture and urban planning, Soore university, Tehran, Iran.

how artificial intelligence works in realistic conditions and explored their feedback in dealing with different and unexpected situations to determine whether this artificial intelligence will destroy architects and urban planners. And should it be considered a strategic threat to construction-related jobs? In recent research, they have examined the possibility of using artificial intelligence as a designer outside the laboratory and finally concluded that since artificial intelligence lacks human characteristics and merely imitates it, can not be used in cases where it is necessary for creative work and in cases where it is necessary to analyze the simultaneous impact of several issues and factors on each other, such as the interference of architectural issues with urban or religious laws, and it can not provide an acceptable answer and plan. Also, from the implementation point of view, it cannot present implementation plans or apply all effective factors in one plan, and its solutions are almost one-dimensional. In addition, from a technical point of view, the construction and operation of artificial intelligence that can act like an architect requires hundreds of times more costs than an architect, and the costs of maintaining and upgrading them will also add to it. While with a small percentage of that cost, you can use human architects who can present much better performance in complex conditions. According to recent studies, the impact of artificial intelligence on a group of jobs such as taxi drivers, tour guides, factory workers, construction workers, online sellers, and some teachers will be direct, while this will not happen to architecture due to its nature. In any case, the impact of artificial intelligence on architectural jobs will be palpable, but not to the extent that there is a risk of replacing them. When software for architectural drawing or 3D modeling, such as AutoCAD and 3D Max, were introduced, we faced harsh criticism from critics, while today, after several decades of these software's introduction, we have seen many improvements. We have been more in architecture, which includes saving time, drawing accurately, and making designs understandable for ordinary people. Other than concerned architects, some activists regarding human rights are also trying to avoid the consequences of this technology and divert thoughts to the negative aspect of the use of artificial intelligence in the field of architecture. Running away from technology or confronting it is not the correct answer. Technology will open its way, and it is better to consider it an efficient tool that acts as a research or executive assistant rather than a deterrent or destructive factor.

Keywords: Architecture education, education effectiveness, virtual education, face-to-face education, architectural design course

بررسی دغدغه معماران مبنی بر جایگزینی هوش مصنوعی به جای طراحان در هزاره سوم

مصطفی یزدانی^۱، دکتر محمدرضا اکبریان^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۹

DIO: 10.22034/RAU.2023.1990275.1033

چکیده

ظهور فناوری‌های جدید همیشه طرفداران و مخالفانی داشته است و باعث به وجود آمدن نگرانی‌ها برای برخی مشاغل شده ولی در بیشتر مواقع جهت بهبود زندگی انسانی عمل کرده است. با پیشرفت هوش مصنوعی در شاخه طراحی معماری سؤالاتی در زمینه اهمیت جایگاه معمار و تکنولوژی که می‌تواند وظایف یک معمار را تک به تک انجام دهد مطرح شده است. بخاطر همین پژوهشگرانی در نیت به پاسخ به برخی نگرانی‌های معماران در خصوص امکان جایگزینی آنها با هوش مصنوعی تحقیقات فراوانی انجام داده‌اند و نحوه عملکرد هوش مصنوعی را در شرایط واقعی سنجیده‌اند و بازخورد آنها را در مقابله با شرایط متفاوت و غیر منتظره مورد کنکاش قرار داده‌اند. همچنین امکان استفاده از هوش مصنوعی را به عنوان یک طراح در خارج از آزمایشگاه بررسی کرده‌اند و در نهایت به این نتیجه رسیده‌اند که هوش مصنوعی بنا به اینکه فاقد خصایص انسانی می‌باشد و صرفاً از آن تقلید می‌کند نمیتواند در مواردی که نیاز به خلاقیت دارد خوب عمل کند و در مواردی که نیاز به تحلیل تأثیر همزمان چند مسئله و فاکتور بر روی یکدیگر می‌باشد پاسخ و طرح قابل قبولی ارائه دهد. بعلاوه، از لحاظ فنی نیز ساخت و راه‌اندازی هوش مصنوعی که بتواند مانند یک طراح معمار عمل کند هزینه‌های چند صد برابری را در مقایسه با یک معمار نیاز دارد و هزینه‌های نگه‌داری و ارتقاء آنها نیز به آن اضافه می‌شود. در هر صورت تأثیر هوش مصنوعی بر روی مشاغل معماری قابل لمس خواهد بود ولی نه در حدی که خطر جایگزینی را برای آنها داشته باشد و بهتر است آن را به عنوان ابزاری کارآمد در نظر گرفت.

کلیدواژگان: هوش مصنوعی، مشاغل معماری، اتوماتیک‌سازی، معماران آینده، جایگزین معماران.

۱. کارشناسی ارشد مهندسی معماری، دانشگاه سوره، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
Email: MoYazdani110@gmail.com

۲. مدیر گروه معماری داخلی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه سوره، تهران، ایران.



مقدمه

سال دیگر با تکامل تکنولوژی و چاپگرهای سه بعدی بزرگ از رشته معماری خداحافظی می‌کردند. همه این ویژگی‌ها می‌تواند انضباط معماری را به چالش بکشد درحالی‌که همچنین تفکری بیشتر تفکر یک جانبه‌ای بود که بعد منفی آن بیشتر برای صاحبان مشاغل مطرح بود.

گسترش شهرنشینی و پیشرفت تکنولوژی چالش‌هایی اساسی برای مدیران گروه‌های مختلف در حوزه‌های مختلف معماری و شهرسازی در بخش مسکن و کنترل منابع انسانی به وجود آورده است ولی استفاده از علوم کامپیوتری به عنوان دستیاران کمکی در برخی فعالیت‌ها در این بین کمک شایانی به مدیریت داده‌های عظیم و کنترل جمعیت و اسکان آن نمود تا جایی که در اواخر قرن بیستم جایگزین کامل برخی مشاغل گردید. با گذشت چندین دهه از معرفی کامپیوتر و استفاده از آن در مشاغل مختلف بحث دیگری جدا از کاربرد آنها برای مدیران و برخی مشاغل معماری مطرح گردید و آن از بین رفتن بعضی از حرفه‌ها بود.

طرح مسئله

در طول تاریخ پیشرفت تکنولوژی و ظهور علوم جدید دارای مزایا و یا پیامدهایی برای برخی افراد بوده و خواهد بود و این حقیقتی انکارناپذیر پیشرفت جوامع می‌باشد. در این بین انقلاب تکنولوژی در دنیا ی مدرن قرن بیستم تلنگری بود بر پیکر جامعه متخصصین، فعالان حوزه علوم و همه افرادی که به نوعی حوزه فعالیت آنها می‌توانست دستخوش پیشرفت باشد. با ورود برخی فناوری‌ها و علوم جدید به عرصه زندگی موجودیت یکسری مشاغل کمرنگ شدند یا حتی از بین رفتند و مشاغل جدیدی جایگزین آنها شد و برخی دیگر دچار تغییر و تحول اساسی در ساختار خود در جهت سازگاری با تکنولوژی جدید در حوزه خود شدند که بتوانند به حیات خود ادامه دهند. در این بین معماری نیز به عنوان یک علم ترکیبی که متأثر از تکنولوژی جدید بود تحت تأثیر مستقیم این تغییرات قرار گرفت. ورود فناوری‌های رایانشی به فرایند طراحی معماری از یک سو چالش‌آفرین (Mahdavinejad, 2014) و از سوی دیگر امیدوارکننده بوده است (رهبر و همکاران، ۱۳۹۹؛ Mahdavinejad, Zia, Lar-ki, Ghanavati, & Elmi, 2014).

ایده کلیدی همکاری بین هوش مصنوعی و معمار سؤالاتی را در مورد قابلیت‌های هوش مصنوعی ایجاد می‌کند که هوش

افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی نیاز روز افزون به کنترل حجم زیادی از اطلاعات را باعث می‌شد که در پی آن تکنولوژی کامپیوتر سعی در پیدا کردن راه حل‌های سیستماتیک برای این حجم از تقاضا بود که در قرن بیست و یکم هوش مصنوعی ' راه حلی نوین به این بحران بود. ورود فناوری‌های رایانشی از یک سو چالش آفرین و از سوی دیگر امیدوار کننده بوده است (رهبر، مهدوی نژاد، بمانیان، دوائی مرکزی، ۱۳۹۹). ما با هوش مصنوعی هر روز سر و کار داریم، هوش مصنوعی موتورهای جست‌وجوی اینترنتی را پشتیبانی می‌کند، کلمات را هنگام تایپ کردن شما پیش‌بینی می‌کند (Krauskova, Oifko, 2021)، در دنیای مجازی علاقه‌مندی‌های شما را بر اساس جست‌وجوهای پیشین به شما معرفی می‌کند و در برخی مواقع پاسخی بوده به برخی مسائل حل نشده ما می‌دهد. امروزه نفوذ روزافزون هوش مصنوعی در همه جنبه‌های زندگی بشر و حتی فراتر از آن به وضوح مشاهده می‌شود و «مشاغل نیز در بسیاری از زمینه‌ها تحت تأثیر قرار گرفته‌اند و مطالعات پیش‌بینی می‌کنند تأثیر چشمگیر هوش مصنوعی بر روی مشاغل در آینده نزدیک مشخص خواهد شد» (Trabucco, 2021). ظهور هوش مصنوعی و پیشرفت‌های ماشین‌های هوشمند که به کمک افراد در حل مسئله‌های معماری و شهرسازی می‌پردازد، انجام کارهایی که برای انسان بسیار زمان گیر و خسته کننده بود را سهل کرده است، و به طبع آن برخی مشاغل را دستخوش تغییرات اساسی و یا حتی خطر جایگزینی می‌کند. هوش مصنوعی زیرشاخه علوم رایانه است و سامانه‌ای است که در موقعیت‌های مختلف واکنش‌هایی مشابه رفتارهای هوشمند انسانی از خود نشان می‌دهند (اکبریان، طالبی، ۱۴۰۱). بنابراین در بخش‌هایی از پروژه‌های معماری می‌تواند به عنوان همکاران معماران عمل کند و برخی کارها را به‌تنهایی انجام دهد.

اما پیشرفت تکنولوژی جدای جنبه‌های مثبت برای بیشتر حرفه‌ها و مشاغل به عنوان تهدیدی بیش فرض نمی‌شد. در این بین مشاغل درگیر هوش مصنوعی نگران از دست رفتن جایگاه خود در زمینه کاریشان بودند که میرفت توسط ماشینی که ساخته انسان بود جایگزین شود. اما آثار جانبی آن هنوز به خوبی مشخص نیست. در این بین معماری و معماران نیز از این اتفاق نوظهور مستثنا نبودند و بسیاری از فعالان حوزه معماری و ساختمان نیز بر اساس اطلاعات رسیده به آنها باید تا چند

پیشینه تحقیق

اولین تحقیقات مرتبط با هوش مصنوعی در دانشگاه MIT در سال ۱۹۵۹ توسط جان مک‌کارتی^۴ و ماروین مینسکی^۵ اتفاق افتاد. از حدود ۱۹۷۰ به بعد استفاده از کامپیوتر به عنوان یک وسیله ترسیمی و بیانی، برای تولید نقشه‌های معماری تغییرات شگرفی بر این جریان اعمال کرد (گلیشا، ۱۳۹۹). اما مفهوم طراحی به کمک رایانه در دهه‌های اخیر مطرح شد و در ابتدا تنها به صورت ابزارهای ترسیمی شروع به فعالیت کردند در سال‌های اولیه رایانه‌ها در فرایند طراحی چیزی بیشتر از یک ابزار ارائه نمودند (اکبریان، طالبی، ۱۴۰۱). هوش مصنوعی به‌صورتی که امروزه می‌شناسیم در اوایل قرن ۲۱ به وجود آمد و بیشتر در ابزارهایی مثل تلفن‌های هوشمند و موتورهای جست‌وجو خودنمایی کرد.

از آنجایی که هوش مصنوعی پدیده‌ای نوظهور شناخته می‌شود لذا بیشتر تحقیقات و پژوهش‌های موجود که جنبه‌های کاربرد هوش مصنوعی و قابلیت‌های آن را معرفی کرده‌اند از اوایل قرن ۲۱ تا به امروز را شامل می‌شود. به همین خاطر انتخاب منابع منتشر شده در پنج سال اخیر می‌تواند بهترین بسترهای مطالعاتی را فراهم آورد زیرا قابل‌لمس‌ترین جنبه‌های هوش مصنوعی را معرفی کرده‌اند و تأثیرات آنها را بر روی مردم و استفاده‌کننده‌های آن را معرفی میکنند که در زندگی روزمره مانند تاکسی‌های اینترنتی و یا اپلیکیشن‌های فضای مجازی قابل مشاهده است. تحقیقات فرناندز^۶ و همکاران (M. Luz Castro Pena, Adrian ´ Carballal, Nereida) Rodríguez-Fern´andez, Iria Santos, Juan Rome-ro) نشان می‌دهد که جهت‌گیری‌های تحقیقاتی معماری و ساخت‌وساز از سال ۲۰۱۵ به این طرف بیشتر بر روی استفاده از هوش مصنوعی و تأثیر آن بر روی فرایند طراحی متمرکز شده است. مرتضی رهبر و همکاران (رهبر، مرتضی؛ مهدوی‌نژاد، محمدجواد؛ بمانیان، محمدرضا و دوائیمرکزی، امیرحسین ۱۳۹۹) در پژوهش خود با استفاده از الگوریتم سی‌گن به این نتیجه رسیدند که هوش مصنوعی می‌تواند پیشنهادهای خوبی در جانمایی اولیه کاربری‌ها در پلان داشته باشد و این الگوریتم در جانمایی فضاهایی مانند بیمارستان و ترمینال که ارتباط فضاهای دارای اهمیت زیادی می‌باشد بیشتر است بیشتر اهمیت دارد. در مقاله «نقش هوش مصنوعی در طراحی معماری» (Giuseppe GALLO, 2020) پژوهشگران آن معتقد هستند

مصنوعی می‌تواند چیزی معنادار به معمار ارائه دهد (Krausko- va, Oifko, 2021). هوش مصنوعی جایگزین معمار خود بود و یا اینکه توانش در حد یک ابزار کمکی خواهد بود.

در حوزه معماری نیز سازش با تکنولوژی جدید نوعی عقب‌نشینی حساب نمی‌شود و ما شاهد آن بودیم که با ورود نرم‌افزارهای کامپیوتری مانند اتوکد^۲ در دسامبر ۱۹۸۲ و راینو^۳ در سال ۱۹۹۸ به حوزه معماری برخی از زیرشاخه‌های معماری مانند تصویرسازی سه‌بعدی یا ترسیم دقیق دچار تحول ژرفی گردید، آنها نحوه تفکر، احساس، عملکرد و نحوه ارتباط و تعامل ما با یکدیگر را بسیار تغییر داده‌اند (نجاتی، کلانتری، بمانیان، ۱۴۰۰: ۷-۲۵). این نرم‌افزارها نه تنها باعث از بین رفتن شغل ترسیم فنی یا ماکت ساز نشد بلکه دروازه‌های جدیدی را به دنیای آنها باز کرد و رقابت حاصل از معرفی این نرم‌افزارها باعث به وجود آمدن شاهکارهای معماری گردید و همزمان با آن با جلوگیری از هدر رفت زمان و اشتباه به کار آفرینی نیز کمک کرد. البته نباید فراموش کرد که رشد فناوری در عمل به پیچیده‌تر شدن فرایند طراحی معماری منتهی شده است (Ansa Rimanesh, Nasrollahi, & Mahdavinejad, 2019) (رهبر و همکاران، ۱۳۹۹) و این پیچیدگی چالش‌های جدیدی را به وجود آورده است.

در حال حاضر کامپیوتر در نقش یک «کمک طراح هوشمند» در کنار انسان ظاهر شده است و نقش آن از یک ابزار ترسیم یا مدلسازی فراتر رفته است و می‌تواند نقش یک پردازشگر فرم و اطلاعات معماری را ایفا کند (گلیشا، ۱۳۹۹). اما در این بین هوش مصنوعی پا را از آن فراتر نهاد و با شبیه‌سازی هوش انسانی و تصمیم‌گیری بدون دخالت انسان در شرایط متفاوت و بحرانی شرایط جدیدی را برای افراد مرتبط با معماری و ساخت‌وساز به وجود آورده است.

با بررسی موضوعات مقالات چاپ شده پنج سال اخیر می‌توان مشاهده کرد که نفوذ هوش مصنوعی از سال ۲۰۱۵ به این طرف بسیار چشمگیر بوده است و پروژه‌های تحقیقاتی و مقالات زیادی در حوزه معماری مرتبط با هوش مصنوعی انجام شده است. نتایج تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که برخی از رشته‌ها تأثیر گسترده‌ای از فناوری‌های هوش مصنوعی خواهند گرفت و استادان معماری نیاز به انطباق با روش‌های جدید آموزش معماران (دانشجویان معماری) را در دانشگاه‌ها تجربه خواهند کرد (Trabucco, 2021).



مصنوعی جایگزین آنها در آینده نخواهد شد. مشاغل مرتبط با معماری و شهرسازی که نیاز به درک عمیق از موضوع دارند و پروسه خلاقیت در آنها نقش اساسی دارد مورد نظر این پژوهش هست درحالی که مشاغل مرتبط با اجرا و آماده‌سازی که آنها هم متأثر از هوش مصنوعی و رباتیک هستند در این مقاله بررسی نخواهد شد و فقط به کلیات اشاره خواهد شد.

در بیشتر پژوهش‌های پیشین اکثراً به جنبه‌های کاربردی هوش مصنوعی پرداخته شده است و موارد حاشیه‌ای مانند تأثیرات اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی آنها نادیده گرفته شده است.

سؤالات کلیدی تحقیق

چگونه پیشرفت و نفوذ هوش مصنوعی در طراحی معماری و شهرسازی به صورت کاربردی اتفاق افتاده است و به اندازه‌ای بوده است که برخی آن را به عنوان جایگزین معماران میدانند و آن را نوعی تهدید برای مشاغل مرتبط با معماری و ساخت وساز و پایان حکمرانی معماران میدانند؟

نفوذ هوش مصنوعی به معماری به عنوان چالشی برای معماران و شهر سازان به حساب می‌آید که باید با آن مقابله کنند یا اینکه نوعی دستیار فنی و طراحی بحساب می‌آید که باید از پتانسیل‌های آن تماماً و در جهت بهبود طراحی و پایداری اجتماع بایستی استفاده کرد؟

زمانی که اکثر طراحی‌ها و عملیات ساخت‌وساز با کمک هوش مصنوعی انجام پذیرد از چه فرآیندهای مقابله‌ای باید معماران استفاده کنند که کمترین آسیب را ببینند و بتوانند تمامیت خود را حفظ کنند؟

مواد و روش‌ها

روش تحقیق در پژوهش حاضر توصیفی- تحلیلی و استدلال منطقی و گردآوری مطالب مبتنی بر روش اسناد و کتابخانه‌ای می‌باشد. در این پژوهش سعی شده است آخرین پژوهش‌های مرتبط با کاربرد هوش مصنوعی در معماری و میزان عملکرد آن در پروژه‌های واقعی بررسی شود. در ادامه به معرفی برخی نظریه‌های مبنی بر تأثیر منفی هوش مصنوعی بر از بین رفتن مشاغل معماری و همچنین دلایل رد این نظریه پرداخته می‌شود که بر پایه دلایل منطقی پژوهش‌های اخیر و همچنین منطبق هوش مصنوعی خواهد بود. بخاطر جدید بودن موضوع

که هوش مصنوعی اشتیاق و ترس‌هایی را در جامعه به وجود آورده است و معتقد است یادگیری عمیق ماشینی معماری پایدار را بهبود خواهد بخشید و عملکرد ساختمان را افزایش خواهد داد، و به این نتیجه رسیدند که معماران نباید از هوش مصنوعی هراسی داشته باشند و آن به عنوان دستگیری در خدمت معماران خواهد بود که بسیاری از مسائل پیچیده را حل خواهد کرد. برخی گزارش‌ها حاکی از تأثیر قوی هوش مصنوعی بر همه مشاغل می‌باشد که نتایج حاصل آنها نشان می‌دهد که این تأثیر بر معماری چندان ملموس نخواهد بود. شبکه عصبی مولد^۷ که جهت خلق تصاویر واقع‌گرایانه در سال ۲۰۱۴ معرفی شد توسط برخی پژوهشگران جهت جانمایی کاربری‌ها در پلان مورد پژوهش قرار گرفت.

با توجه به جدید بودن استفاده از هوش مصنوعی در طراحی و ساخت‌وساز می‌توان گفت تحقیقاتی زیادی در این چند سال اخیر انجام شده است. با این همه کمبود پژوهش‌های مکمل در این حوزه به شدت احساس می‌شود تا سردرگمی‌های حاصل از این رویکرد به طراحی معماری را سامان بخشد. از نتایج حاصل از بررسی تحقیقات پیشین می‌توان نتیجه گرفت که بیشتر تمرکز پژوهشگران بر معرفی هوش مصنوعی بوده است درحالی که هر پژوهشی باید به دور از یک جانبه‌گرایی باشد و مستلزم بررسی همه جنبه‌های یک موضوع مورد بررسی را باید شامل شود. پیشنهاد می‌شود بجای تمرکز بر روی چالش‌های ممکن به وجود آمده توسط هوش مصنوعی در زمینه معماری بر روی توانایی‌های هوش مصنوعی در همکاری با طراحی معماری و پتانسیل‌های یادگیری ماشینی تمرکز کرد.

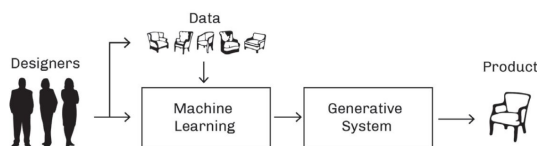
اهداف تحقیق

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هوش مصنوعی و ربات‌های صنعتی بر روی آینده مشاغل مرتبط با معماری و ساخت‌وساز انجام گرفته است. اهداف فرعی پژوهش عبارتند از بررسی برخی از نظریه‌های موجود و تحقیقات اخیر از سال ۲۰۱۵ تا به امروز جهت تعیین کردن محدوده ایمن برای معماران و طراحان شهری، پتانسیل‌های هوش مصنوعی برای معماران، چالش‌های به وجود آمده برای معماران بعد از نفوذ هوش مصنوعی در معماری، تعیین راه کارهایی جهت استفاده بهینه از هوش مصنوعی در طراحی معماری و دلایلی علمی و منطقی که این اطمینان را به معماران و شهرسازان می‌دهد که هوش

بعدی با یک «شهود» راه‌حل‌های اولیه مطرح می‌گردد (اریس و همکاران، ۲۰۲۱). رایانه می‌تواند راه‌حلی تولید کند که نه تنها پاسخی به پارامترها و الگوریتم‌های از پیش تعریف شده است، بلکه نتیجه پردازش اطلاعات دریافتی در مرحله یادگیری است (Krauskova, Oifko, 2021). هوش مصنوعی بر اساس اصل آمار از داده‌های ارائه شده کار می‌کند، جایی که یک برنامه کامپیوتری می‌تواند روابط را بر اساس تکرارهای زیادی از یک طرح خاص بدون برنامه‌ریزی از قبل این روابط را پیدا کند و سپس می‌تواند بیشترین پیش‌بینی را داشته باشد و در نتیجه به ارائه نتایج احتمالی و پیشنهاد برای اجرا و احتمالاً اقداماتی که منجر به ارتقای مطلوب یا حذف نتیجه نامطلوب شود (Krauskova, Oifko, 2021). الگوریتم گن^{۱۱} که جهت تولید تصاویر واقعی استفاده می‌شود نیز بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی شکل گرفته است و از عملکرد مشابه استفاده می‌کند و در آن شبکه یاد می‌گیرد که چگونه تصویر ورودی را به تصویر خروجی تبدیل کند (رهبر و همکاران، ۱۳۹۹). هوش مصنوعی را می‌توان به عنوان یک برنامه رایانه‌ای در نظر گرفت که خود را برای انجام یک کار خاص بهبود می‌بخشد و از تجربیات قبلی برای عملکرد بهتر در هر تکرار یاد می‌گیرد (Trabucco, 2021) و نکته حائز اهمیت این است که مراحل تحلیل و باز تولید بدون دخالت انسان در این فرایند انجام می‌پذیرد. جهت آموزش بهینه الگوریتم‌های هوش مصنوعی با تهیه بانک اطلاعاتی کامل از پلان، نما، جزئیات اجرایی و دیگر مدارک مرتبط می‌توان بهترین نتایج اجرایی را به دست آورد که با کمترین مشکلات اجرایی و طراحی روبه‌رو شود.

هوش مصنوعی و طراحی معماری

ابزارهای موجود در عصر دیجیتال طیف وسیعی از رویکردها را در اختیار معماران قرار می‌دهد و به عبارت دیگر رشد فناوری در عمل به پیچیده‌تر شدن فرایند طراحی معماری منتهی شده



شکل ۱. دیاگرام نحوه طراحی به کمک هوش مصنوعی (Bidgoli, Veloso, Cloud, 2018)

نسبت به سایر موضوعات یافتن منابع کمی مشکل بود که این محدودیت با ارزش بودن بیشتر مقالات و پژوهش‌های موجود ارائه شده مرتبط را تضمین می‌کرد. کانون توجه در این پژوهش از نوع تفاوت سنجی می‌باشد که با بررسی کاربردی بودن یا نبودن موضوع و همچنین با در نظر گرفتن پارامترهای مثبت و منفی موضوع و کشف تفاوت‌ها و مقدار کمیت آنها به ارائه نتایج می‌پردازد.

مبانی نظری تحقیق

عملکرد هوش مصنوعی در طراحی

ظهور هوش مصنوعی پاسخی بود به افزایش کیفیت طراحی، حل مسئله به صورت خودکار، کمبودهای نرم‌افزارهای معماری در ترسیم و زمان بندی بهتر. فلسفه توسعه هوش مصنوعی بر اساس استفاده از مغز انسان به عنوان مدلی برای منطق ماشین (Krauskova, Oifko, 2021) به حساب می‌آید که این یعنی نگرشی جدید در تحلیل و بازپروسی اطلاعات در جهت تولید محصول نوآورانه، با کیفیت و پایدار. یکی از روش‌های طراحی که به شکل درست از ظرفیت هوش مصنوعی در تفکر طراحی بهره برده است طراحی زیایا یا مولد^۸ است (اکبریان، طالبی، ۱۴۰۱) که می‌تواند رویکرد تکاملی طبیعت را در طراحی تقلید کند. هدف هوش مصنوعی^۹ سعی در تقلیل دادن حضور معمار در فعالیت‌های زمان بر و افزایش بازدهی طراحی بودند. این تکنولوژی‌ها و نرم‌افزارها به عنوان دستیارانی معرفی شدند که ترسیم‌های معماری را برای معماران راحت‌تر می‌کرد و اشتباهات ترسیم را کاهش می‌داد و اما در حال حاضر کامپیوتر در نقش یک «کمک طراح هوشمند»، در کنار انسان ظاهر شده است و نقش آن از یک ابزار ترسیم یا مدلسازی فراتر رفته است و می‌تواند نقش یک پردازشگر فرم و اطلاعات معماری را ایفا کند (گلیپاشا، ۱۳۹۹). طراحان با ارائه اطلاعات اولیه کاملاً درست و منطقی به آن می‌توانند به نتایج کارآمد تری برسند و این مستلزم طراحی الگوریتمی می‌باشد که بتواند با شبیه‌سازی فرایند تفکر انسانی از اطلاعات وارد شده به آن به نتایج مطلوبی برسد (شکل ۱).

هوش مصنوعی شامل شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه عصبی کانولوشن^{۱۰}، الگوریتم ژنتیک و زبان طبیعی می‌باشد (نجاتی و همکاران ۱۴۰۰). کارکرد هوش ماشینی در معماری به این صورت است که در مرحله آموزش ابتدا پیچیدگی انتخاب‌ها به هوش مصنوعی نشان داده می‌شود و در مرحله



می‌توانند این زمان ذخیره شده در پروژه‌های تکراری را به خلاقیت در معماری اختصاص دهند (نجاتی و همکاران، ۱۴۰۰). با یادگیری عواقب یک تغییر خاص، هوش مصنوعی می‌تواند به سرعت یاد بگیرد که چگونه ورودی را در تکرار بعدی تغییر دهد، نتایج بهینه را در مدت زمان کوتاهی به دست آورد و در کسری از زمان هم ارزش یک عمر دانش را به دست آورد (Trabucco, 2021).

یادگیری ماشینی^{۱۷} نه تنها زمان در فرایند طراحی را کاهش می‌دهد بلکه طراحی را کارآمدتر می‌کند (Vardhan, 2020). این شیوه جدید طراحی با استفاده از توان محاسباتی پردازش ابری و هوش مصنوعی امکانات زیادی را در اختیار طراح قرار می‌دهد و به طراح کمک کرده تا قسمت‌های پیچیده طراحی را با دقت انجام دهد و طرحی موفق را ارائه دهد (اکبریان، طالبی، ۱۴۰۱). طراحی پارامتریک با الگوریتم گرس هاپر^{۱۸} پیش درآمدی برای هوش مصنوعی محسوب می‌شود. این الگوریتم‌ها کمک می‌کند تا اشکال پیچیده را به راحتی با توجه به ورودی در قالب پارامترها مدل کنید و با تغییر یک پارامتر برنامه به صورت خودکار پارامترهای متاثر را خود تغییر می‌دهد. هوش مصنوعی، یک رویکرد آماری به معماری است که پیش فرض آن این است که با ترکیب اصول آماری در یک محاسبات کامپیوتری می‌توان به رویکرد جدیدی دست یافت که نواقص معماری پارامتریک را جبران کند (اریس و همکاران، ۲۰۲۱).

تأثیرات مثبت هوش مصنوعی محدود به معماری نمی‌باشد و بنظر می‌رسد شهرسازی بیشترین تأثیر را از آن گرفته است. فیزاروم^{۱۹} الگوریتمی بر گرفته از رفتار لجن پلاسمودیل^{۲۰} می‌باشد که جهت حل مسائل پیچیده مطرح مانند بهینه‌سازی انرژی، سازه، قطعات نما، حل چالش‌های موجود در طراحی گره‌های شهری، مسیریابی بهینه راه آهن و شریان‌های شهری، مدیریت ترافیک و دیگر بحث‌های مرتبط در مقیاس‌های خرد و کلان می‌باشد (متینی، خاقانی، برادران، ۱۳۹۹). این الگوریتم در طراحی شهری می‌تواند انقلابی به حساب بیاید که بسیاری از محاسبات زمان‌بر جهت حل گره‌های شهری مشکلات ترافیکی را به‌تنهایی حل کند (شکل ۲).

بهبود عملکرد طراح

بسیاری از ابزارهای سنتی طراحی به کمک رایانه که امروزه استفاده می‌شوند، قادر به برآوردن نیازهای طراحی معماری معاصر نیستند (Cudzik, Radziszewski, 2018) به‌کارگیری

است (Ansa Rimanesh, Nasrollahi, & Mahdavinejad, 2019) (رهبر و همکاران، ۱۳۹۹). ما در این حوزه امکان نتایج غنی را می‌بینیم، که کارهای ما را تکمیل می‌کند و برخی از نقاط کور رشته ما را برطرف می‌کند. ورود فناوری‌های رایانشی به فرایند طراحی معماری از یک سو چالش آفرین (Mahdavinejad, 2014) و از سوی دیگر امیدوارکننده بوده است، (رهبر و همکاران، ۱۳۹۹) به نقل از (Mahdavinejad, Zia, Larki, 2014) (Ghanavati, & Elmi, 2014). با استفاده از هوش مصنوعی می‌توان فعالیت‌های تحلیل و کنترل برنامه زمان‌بندی، بودجه و صورت حساب، برآورد و آنالیز عملکرد، فناوری چاپ سه‌بعدی، ساخت زیر بنا، معماری پارامتریک^{۱۲}، ساخت‌وساز و برنامه‌ریزی و شهرهای هوشمند را با سرعت و دقت بیشتر و زمان و هزینه کمتر انجام داد (نجاتی و همکاران، ۱۴۰۰) و دیگر سو تهدید مشاغل مرتبط با معماری و احتمال جایگزینی با آنها می‌باشد.

فرانک گری^{۱۳} به عنوان پیشرو در استفاده از فناوری‌های کامپیوتری توانست با بهره گرفتن از قابلیت‌های نرم‌افزارهای کتیا^{۱۴}، کم^{۱۵}، کد^{۱۶} توانست مسائل هندسی دشوار را حل کنند، او کامل از فناوری‌های دیجیتال در همه مراحل طراحی ساختمان‌ها (از طراحی تا ساخت) استفاده می‌کند (اریس و همکاران، ۲۰۲۱) و نتایج آنها بعد از چند دهه نشان می‌دهد که تکنولوژی جدید نه تنها منجر به ایجاد ساختمان‌هایی بدیع با فناوری بالا مانند موزه گوگنهایم بیلباو می‌شود بلکه به به‌وجود آمدن مشاغل جدیدی نیز منجر شده است.

هوش مصنوعی در بیشتر حوزه‌های معماری به صورت مستقل نفوذ کرده است و در برخی دستاوردهای قابل قبولی داشته است. از عمده‌ترین زیرشاخه‌های معماری که هوش مصنوعی در آنها پیشرفت داشته و پژوهش‌های بیشتری انجام شده است به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- طراحی پلان
- ریخت شناسی
- طراحی اکتشافی
- طراحی نما
- شکل ساختمان

تسریع فرآیندهای طراحی

معماران در آینده نه چندان دور قادر خواهند بود با استفاده از هوش مصنوعی پروژه‌های تکراری را با سرعت بالاتری انجام دهند و

ساخت‌وساز و هوش مصنوعی

علاوه بر طراحی و ایجاد مدارک معماری نفوذ هوش مصنوعی بر روی ساخت‌وساز نیز در حال گسترش است و دور از ذهن نیست که در آینده کارفرمایان و شرکت‌های پیمانکاری نیز جهت کاهش آسیب‌ها و کاهش هزینه‌ها از ربات‌های با فناوری هوش مصنوعی استفاده بکنند. معماری رایانشی علاوه بر جنبه‌های شکلی، جنبه‌های محتوایی در فرایند طراحی (Herthogs, Debacker, Tunçer, De Weerd, & De Temmerman 2019)، اجرای آثار معماری را نیز تحت تأثیر قرار داده است (رهبر و همکاران، ۱۳۹۹). ظهور هوش مصنوعی دارای پیامدهای مفید و در برخی مواقع ناخوشایند نیز هست. از مزایای آن می‌توان به "کاهش میزان کارگزارانه کرد از آنجایی که تمام هوش مصنوعی برنامه‌ریزی شده است، احتمالاً در حین کار خطای کمتری رخ می‌دهد (Nidal Ismail Agha, 2019) و به کاهش احتمال خطای انسانی کمک کند که باعث افزایش دقت و کارایی فرایند می‌شود (Vardhan, 2020). بنابراین هوش مصنوعی به طور قابل توجهی بر بخش‌های تولید و ساخت‌وساز تأثیر می‌گذارد (Trabucco, 2021). لازم به ذکر است که، هوش مصنوعی با ربات‌ها متفاوت است، زیرا ربات‌ها برای دستیابی به گروه خاصی از دستورات برنامه‌ریزی شده‌اند، اما ماشین‌های هوش مصنوعی به عنوان ماشین‌های هوشمندی ساخته شده‌اند که قرار است یاد بگیرند (Nidal Ismail Agha, 2019) و از تجربیات خود دوباره یاد بگیرند.

در رابطه با کارگاه‌های ساختمانی و ارتباط آنها با بخش طراحی سیستم‌های مدیریت اطلاعات ساختمان^{۲۳} یکی از کارآمدترین آنها می‌باشد. این نرم‌افزارهای بر پایه بیم مثل رویت^{۲۴} با پشتیبانی هوش مصنوعی بیم بوت^{۲۵} توانستند به مسائل پیچیده در طراحی و مدیریت ساختمان تسلط بیابند، در واقع بیم که بود راه کارهایی تعاملی بین کارمندان و کارگران را ارائه می‌دهد و با ارائه پیشنهادهایی به اعضا روند کار را تسهیل می‌بخشد.

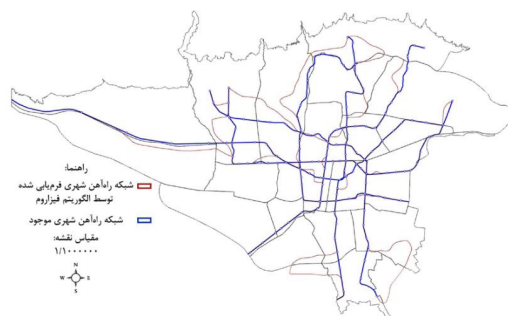
یافته‌ها

چالش‌های هوش مصنوعی برای معماران

موضوع هوش مصنوعی و استفاده از آن چالشی جدید برای معماران و مخصوصاً پیشکسوت‌ها به وجود آورده است، آنها نحوه تفکر، احساس، عملکرد و نحوه ارتباط و تعامل ما

هوش مصنوعی در معماری، گسترش استفاده از نرم‌افزارها طراحی به کمک کامپیوتر^{۲۱} رشد سریع فب- لب‌ها^{۲۲} یا همان آزمایشگاه‌های معماری و در نهایت استفاده از ربات‌های سازنده این امکان را به وجود آورد تا شاهد به وجود آمدن فرم‌های جدید در معماری باشیم که این موضوع سبب ایجاد معیارها و ارزش‌های نو در زیبایی‌شناسی معماری گردید و به طراحان اجازه داد تا ایده‌های خود را بسیار راحت‌تر از گذشته ترسیم کرده و ارائه دهند (گلپاشا، ۱۳۹۹: ۳۹-۴۴). هوش مصنوعی به زودی معماران را در کارهای روزمره خود به طور گسترده توانمند خواهد کرد (Chaillou, 2019) و همه این تحول‌ها در جهت بهبود نتیجه طراحی حاصل می‌شود. یافته‌ی اساسی این است که هوش مصنوعی قادر است ارتباطاتی را شناسایی کند که انسان برای مدت طولانی‌تری به دنبال آن‌ها می‌گردد یا اصلاً پیدا نمی‌کند (Krauskova, Oifko, 2021). ما قادر هستیم تا بر اساس نیاز طراحی و حل مسئله خود الگوریتم مورد نیاز را کدنویسی کنیم تا به طراحی شخصی‌سازی شده و منطبق با نیازمان برسیم.

گرچه پتانسیل‌های هوش مصنوعی برای معماری تقریباً تضمین شده است، اما همچنان مشروط به توانایی‌های طراحان است که چگونه نیت خود را به ماشین بیاموزند، تا به عنوان یک دستیار قابل اعتماد در خدمت آنها باشد (اریس و همکاران، ۲۰۲۱). هم اکنون بعضی از معماران نیز از اطلاعات گذشته و داده‌های پردازش شده توسط کامپیوترها برای معماری خود استفاده میکنند ولی بسیاری از معماران هنوز در گذشته باقی مانده‌اند (نجاتی و همکاران ۱۴۰۰) و از فرآیندهای زمان‌بر و کم‌بازده پیروی می‌کنند.



شکل ۲. قیاس شبکه موجود مترو با شبکه طراحی شده توسط فیزاروم (متینی و همکاران ۱۳۹۹)



مشاغل معماری

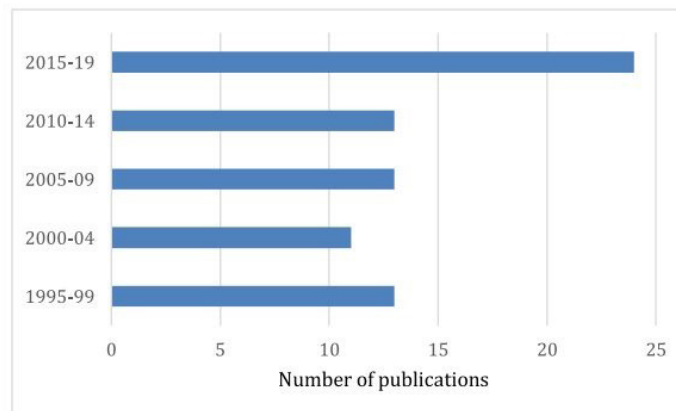
در صد سال گذشته مشاغل مرتبط با تکنولوژی بسیار محدود بوده و بیشتر افراد با مشاغل کشاورزی در ارتباط بوده‌اند ولی از نیمه دوم قرن بیستم که شرایط به کلی دگرگون شد و می‌توان گفت این حالت به صورت معکوس درآمد و در شهرهای بزرگ بیشترین مشاغل به تکنولوژی روز مرتبط می‌شد که این حالت تا به امروز ادامه داشته و رشد کرده است. با همه گیری هوش مصنوعی برخی از وظایف به احتمال زیاد توسط هوش مصنوعی تغییر شکل خواهند یافت (Trabucco, 2021) و به طبع آن افراد جهت حفظ موقعیت خود بایستی خود را با تغییرات جدید وفق دهند و در غیر این صورت به طور جدی توسط آن از مدار خارج خواهند شد.

هوش مصنوعی می‌تواند در کوتاه‌مدت اثرات مخربی در حوزه معماری داشته باشد، ولی فعلاً چندان قدرتی اجرایی ندارد. نقشی که هوش مصنوعی احتمالاً در آینده نزدیک خواهد داشت نقش یک دستیار بسیار تخصصی که قادر به حل مشکلات بسیار خاص خواهد بود (Paolillo, et al, 2022) و معماران به جای اجتناب از پیچیدگی‌های آن، باید از این پیشرفت‌ها برای شکل دادن به آینده معماری نهایت استفاده را ببرند (Nidal Ismail Agha, 2019) (به نقل از Buttice, 2018) و در نتیجه این ضروری مینماید که مفاهیم اولیه این تکنولوژی جدید را درک کنیم و در این جریان درگیر شویم تا کم کم با این تغییر پیش آمده هماهنگ شویم (Vardhan,

با یکدیگر را بسیار تغییر داده‌اند (نجاتی و همکاران، ۱۴۰۰). در حال حاضر هوش مصنوعی به ندرت در معماری استفاده می‌شود و تجربه کمی وجود دارد که بتوانیم به آن تکیه کنیم (Krauskova, Oifko, 2021) با این حال، می‌توانیم فرض کنیم که هوش مصنوعی در برخی مناطق قابل اجرا خواهد بود (Krauskova, Oifko, 2021). و می‌شود از آن به عنوان عاملی تأثیرگذار یاد کرد.

نرم‌افزارها و الگوریتم‌های زیادی برای حل مسائل پیچیده در معماری و شهرسازی معرفی شده است، در حوزه محاسبات تکاملی، الگوریتم‌های ژنتیک (Cudzik, Radziszewski, 2018) (کی، ۲۰۱۸) (میچل، ۱۹۹۶) گسترده‌ترین نوع روش‌های بهینه‌سازی چند معیاره هستند. بنابراین آنها در حال تبدیل شدن به موضوع مورد علاقه هنرمندان، طراحان و معماران هستند (Cudzik, Radziszewski, 2018) و گام‌های جدیدی را پیش روی توسعه دهندگان قرار داده‌اند (رهبر و همکاران، ۱۳۹۹). اگر با دید مثبت بنگریم، اینطور می‌توان فرض کرد که این حرفه، در برخی از نوآورانه‌ترین مطالعات، بیشتر به علوم کامپیوتر، آمار و علم به طور کلی نزدیک می‌شود (Paolillo, et al, 2022) تا طراحی معماری.

سرعت نفوذ هوش مصنوعی به حوزه معماری فراتر از تصور است و طبق «نمودار ۱» می‌توان استنباط کرد که در پنج سال منتهی به دهه بیستم این روند چند برابر شده است و مطالعات مربوط به آن افزایش چشمگیری داشته است.



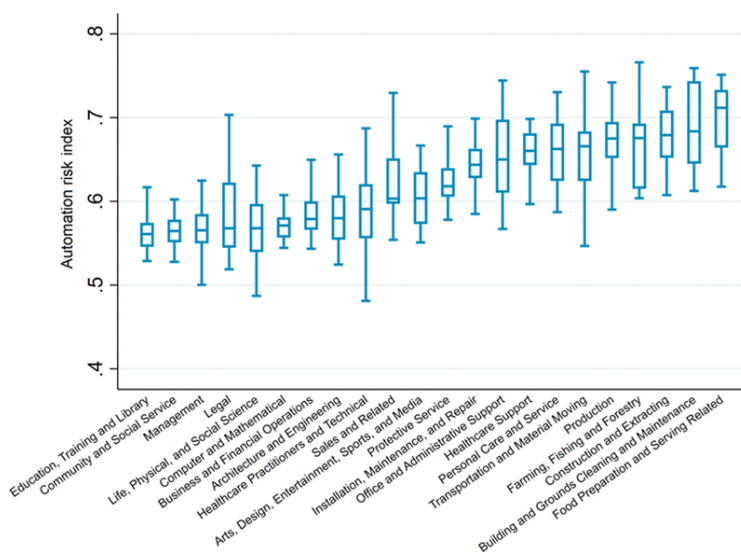
نمودار ۱. افزایش تحقیقات مرتبط با هوش مصنوعی و معماری از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ (Castro, Garballal, Rodríguez, Santos, Romero, 2021)

روانشناس و معمار در خطر جایگزینی هستند. بنابراین، خودکار کردن حرفه معماری به عنوان یک کل دشوار است (Tra-bucco, 2021). فناوری‌ها به انسان‌ها کمک می‌کنند تا با چالش‌های جدیدی روبه‌رو شوند و آن‌ها را حل کند، به همین دلیل، معماران باید منتظر به حداکثر رساندن ظرفیت‌های استفاده برای شکل دادن به آینده باشند (Nidal Ismail Agha, 2019) و این چالش‌ها منجر به تولید مشاغل جدیدی که مرتبط با این فناوری است می‌شود و این یعنی تغییر کارکرد یک شغل و نه از بین رفتن آن. دانشگاه‌های معماری به عنوان متولیان علوم می‌توانند به این آینده نگاه کنند، کلاس‌ها و «روح» این حرفه را تغییر دهند تا هوش مصنوعی را برای دستیابی به نتایج دیگری غیر از جایگزینی صرف هوش انسانی با کار رایانه‌ای، در خود جای دهند (Tra-bucco, 2021). هوش مصنوعی احتمالاً تأثیر زیادی روی همه مشاغل خواهد داشت. معماران و دیگر چهره‌های حرفه‌ای ممکن است تأثیر ضعیف‌تری را در مقایسه با مشاغل معمولی‌تر تجربه کنند (Tra-bucco, 2021) با این حال تأثیر متقابلی از آن خواهد گرفت. هوش مصنوعی عاملی جایگزین برای معمار نیست، ولی در عین حال هر معماری همیشه باید آمادگی روبه‌رو شدن با برخی واقعیات را داشته باشد و این مستلزم همکاری متقابل این دو است.

مدلین گانون^{۲۷} طراحی است که مدعی شده رشد سریع رباتیک معیشت مردم را در معرض خطر قرار می‌دهد وی معتقد

در غیر اینصورت درگیر نابودی شغلی خواهیم شد. از منظر کلی، معماران در یک منطقه نسبتاً آرام هستند و انتظار می‌رود هوش مصنوعی تأثیری حاشیه‌ای بر این حرفه داشته باشد (Tra-bucco, 2021). نتایج نشان می‌دهد که برخی از رشته‌ها تأثیر گسترده‌ای از فناوری‌های هوش مصنوعی خواهند گرفت و معماران نیاز به انطباق با روش آموزش جدید معماران در دانشگاه‌ها را تجربه خواهند کرد (Tra-bucco, 2021) که البته شرکت‌های معماری نیز از این قاعده مستثنی نخواهند بود. در «نمودار ۲» میزان اتوماسیون‌سازی برخی مشاغل آمده است که معماری در یک سوم ابتدای جدول و با ریسک کمتر مشخص شده است.

والنسیا^{۲۶} می‌گوید که هوش مصنوعی شغل معماران را تصاحب نخواهد کرد، با این حال، با حذف کارهای تکراری، امکان ساخت‌وساز جدید و توسعه ساختاری، ظرفیت‌های عملی خود را متحول خواهد کرد (Nidal Ismail Agha, 2019). مطالعه‌ای که در دانشگاه آکسفورد در سال ۲۰۱۳ انجام شد احتمال جابجایی مشاغل توسط هوش مصنوعی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و در نتیجه ۴۷ درصد مشاغل در حال حاضر (از سال ۲۰۱۳) در خطر جایگزینی با هوش مصنوعی در آینده قابل پیش‌بینی قرار گرفتند (Tra-bucco, 2021) و نتایج نشان میداد برخی مشاغل مانند راننده تاکسی، کارگر ساختمانی و یا راهنمای تور بیشتر از حرفه‌هایی مثل استادی دانشگاه، مشاور



نمودار ۲. میزان ریسک جایگزینی مشاغل با ربات‌ها، مجله ساینس (Paolillo, et al, 2022)



سازد. طبق مصاحبه صورت گرفته توسط گالو، توزولینو^{۲۸} و ویز^{۲۹}، علی‌رغم انتظارات، همه طراحانی که با آنها مصاحبه شد اذعان داشتند که رابطه بین پیشرفته‌ترین تکنیک‌های یادگیری ماشین و شیوه‌های معماری هنوز در مرحله جنینی است (Paolillo, et al, 2022). در خصوص اینکه آیا هوش مصنوعی تهدید شغلی برای معماران به حساب می‌آید یا نه هنوز نمیتوان ادعایی کرد ولی شواهدی که دال بر عدم تسلط آن بر شغل معماری باشد فعلاً رد شده نیست. فاکتورهایی مثل اهمیت صحیح بودن اعتبار داده، قانونی بودن آن، آشنایی با کل موارد تأثیر گذار بر طراحی، عدم سوء استفاده، تجزیه و تحلیل درست و شاید مهم‌تر از همه داشتن توجه اقتصادی آن از مواردی هستند که نشان می‌دهد هوش مصنوعی قادر به انجام همه موارد نیست و هنوز راه درازی در تسلط کامل به دنیای معماری دارد. این احتمالاً ناشی از این واقعیت است که معماران وظایف بسیار متنوعی دارند که شامل طیف گسترده‌ای از هوش می‌شود (Trabucco, 2021) و یک معمار به طور کلی مسئول طراحی و ساخت پروژه معماری است و پاسخگو به همه امور انجام شده تا تحویل آن به کارفرما را شامل می‌شود. آنها با فضا و عناصر کار می‌کنند تا ساختاری منسجم و کاربردی ایجاد کنند (Vardhan, 2020). بنابراین مسولیت کل پروژه با معمار است و ما هستیم که از هوش مصنوعی در جهت بهبود کارمان استفاده می‌کنیم. اگرچه در دنیای هوش مصنوعی ماشین‌های خودران و یا تشخیص چهره عملکرد قابل قبولی داشته است، ولی در حوزه معماری فعلاً در حد نمونه‌های آزمایشگاهی می‌باشد. البته نمی‌توان انتظار داشت که در آینده نزدیک هوش مصنوعی جایگزین انسان به عنوان طراح شود. نه تنها به دلیل پیچیدگی آنها، بلکه به دلیل نیازهای در حال تغییر و آرزوهای ما برای ایجاد و کنترل محیط (Cudzik, Radziszewski, 2018) این اتفاق نخواهد افتاد.

هوش مصنوعی به طور بالقوه می‌تواند به عنوان یک طراح خلاق در آینده پیشرفت کند، شاید حتی در زمینه خلاقیت قوی‌تر شود، با این حال ماشین‌های خودکار پیشرفته هرگز نمی‌توانند فضاهای معقولی ایجاد کنند که با درک انسانی از یک فضا ارتباط برقرار کنند و این همان چیزی است که معماری بر آن استوار است (Nidal Ismail Agha, 2019). در حال حاضر نرم‌افزارها و الگوریتم‌های طراحی پارامتریک زیادی وجود دارند که طراحان را یآوری میکنند، ولی قطعاً می‌توان به این نکته

است که باید به فناوری نقش پویا تری داده شود. اینکه گسترش فناوری و ساخت خودکار با وجود مزایای بسیار بهای زیادی برای بشر دارد و در این میان بهتر است به جای حذف انسان در مسیر مهندسی به همزیستی ربات‌ها و انسان‌ها بیندیشیم (اکبریان، طالبی، ۱۴۰۱). هوش مصنوعی وجهه‌ای دوگانه دارد و پیشرفت هوش مصنوعی تا زمانی که تحت تسلط و نظارت انسانی باشد مفید بوده ولی اگر آنقدر پیشرفت کند که از انسان و مهارت انسانی پیشی بگیرد نه تنها مفید نیست بلکه به ضرر انسان‌ها است (اکبریان، طالبی، ۱۴۰۱) و صدمه‌ای که می‌تواند بزند ایجاد بیکاری گسترده در جهان است، مردم و خانواده‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Nidal Ismail Agha, 2019). این صدمات می‌تواند همه ارکان زندگی انسانی را با خطر جدی روبه‌رو سازد. هوش مصنوعی می‌تواند مقدمه‌ای باشد برای معماری از نوع نسل جدی با افق‌های روشن ولی؛ واکنش‌ها نسبت به این فناوری‌ها به همان اندازه منفی بوده است، اگر از یک سو برخی پتانسیل عظیم آن‌ها را خوانده و به پذیرش گسترده آن‌ها اطمینان داشته باشند، برخی دیگر (Ellan-Jones, Rory, 2020) به ما هشدار دادند و گفتند که هوش مصنوعی حتی می‌تواند پایان نسل بشر را تعیین کند (Gallo, Tuzzolino, Wirz, 2020).

تحلیل یافته‌ها

دلایل تئوری عدم جایگزینی هوش مصنوعی با معمار

پیشرفت فناوری به سمت هوش مصنوعی نتیجه توسعه تدریجی فنی است تا یک کشف انقلابی (Chaillou, 2019) و اگر از یک طرف، این تکنیک‌ها نوید نتایج عالی را می‌دهند، در دیگر سو ما هنوز در مرحله اکتشافی هستیم (Gallo, Tuzzolino, Wirz, 2020)، بنابراین نباید با آن مانند یک پدیده‌ای نوظهور که کلیت معماری را زیر سؤال میبرد برخورد کرد. این واقعیت برای همه مشهود است که هنوز هوش مصنوعی به آن حد از اعتماد و تکامل نرسیده است که بتواند یک پروژه معماری را از اول تا آخر و بدون نقص آماده‌سازی و اجرا کند (اریس و همکاران، ۲۰۲۱). پژوهش‌های متنوعی در رابطه با هوش مصنوعی در معماری صورت گرفته است که نشان دهنده نوزاد بودن هوش ماشینی در رابطه با طراحی معماری می‌باشد. هوش مصنوعی در جامعه امروزی نوپا به حساب می‌آید و باید به‌درستی تربیت و هدایت شود تا بتواند در آینده اهداف مثبت انسانی را برآورده

آنها برای اجرای دستورالعمل‌های قیاسی یعنی عملیات‌ها^{۳۱} یا دستورالعمل‌های مبتنی بر داده‌ها بر اساس تجزیه و تحلیل آماری مقادیر زیادی از داده‌های ورودی پیدا کرد (Trabucco, 2021). توانایی مغز یک انسان معمولی به اندازه‌ای است که قادر است با چندین بار دیدن یک طرح یا محصول خصوصیات بهینه آن را یادآوری کند و در مورد طرح مشابه نظر دهد و به تولید محصولی بهتر اقدام کند، ولی یک هوش ماشینی فاقد این خصیصه می‌باشد. برای طراحی پلان توسط آگوتیم سی گن^{۳۲} ما نیاز داریم که هزاران پلان کامل و صحیح را به ماشین معرفی کنیم که بعداً هوش مصنوعی بتواند از آموزش‌های خود نتیجه‌گیری کند و این مستلزم ساعت‌ها آموزش توسط حد اقل یک تک‌نسین و یک معمار هست. با تقسیم کار معمار به وظایف جداگانه، توصیف دقیق فرآیند، راحت می‌توان تصور کرد که یک هوش مصنوعی که قادر به حل این عملیات به صورت جداگانه باشد (Paolillo, et al, 2022). از بعد تک کاناله عمل کردن خاویز^{۳۳} دیکسلیر خاطر نشان می‌کند که اگر فقط معماری مدرنیستی را به آنها نشان دهید، هوش مصنوعی تنها قادر به ایجاد معماری مدرن خواهد بود (Paolillo, et al, 2022) و این یعنی هوش مصنوعی راه درازی دارد تا با یک معمار تازه کار رقابت کند، زیرا فقط توانسته است از یک بعد پیشرفت کند و همزمانی اطلاعات برای آن تعریف نشده است.

امروزه پلتفرم‌های محاسباتی مرسوم ذاتاً بر روی عملیات‌های محاسباتی و منطقی متمرکز شده‌اند که به نظر می‌رسد فاصله زیادی با آنچه در مغز انسان می‌افتد دارد (Balisson, J.C. Me- 2017, 2). مغز انسان همزمان با محاسبات منطقی استوار بر ریاضی بر روی زیبایی‌شناسی، قوانین حاکم و روابط بین آنها نیز فکر می‌کند و ابتدایی بودن قدرت هوش مصنوعی تا زمانی که قابلیت کاربردی داشته باشد دیگر عامل مهم این دلیل عدم جایگزینی کامل با مغز انسان است. در حال حاضر یکی از موفق‌ترین پارادایم‌های یادگیری ماشین، شبکه عصبی مصنوعی^{۳۴} است (Balisson, et al, nd).

راه‌اندازی سیستم‌ها قوی کامپیوتری به منابع عظیم مالی و انرژی نیازمند هستند و پیچیدگی محاسباتی این وظایف را نباید دست کم گرفت، زیرا مغز گوگل ۱۶۰۰۰ کامپیوتر را برای ارائه قابلیت‌های مغز موش ترکیب می‌کند (Balisson, et al, nd) [Q. V Le, M. Ranzato, R. Monga, M. Devin, and A. Y. Ng. 2011] و

اشاره کرد که به طور کلی با توجه به هدفشان، کارایی یک فرایند طراحی را بهبود می‌بخشند. با این حال، در بسیاری از موارد، به دلیل نیاز به ارزیابی، تصمیم‌گیری و کنترل طراح دستی در هر سطح از پروژه، نتیجه معکوس است (Cudzik, Radziszewski, 2018) و حضور مؤثر معمار به شدت احساس می‌شود. پنج‌مرحله‌ای که فرایند تفکر طراحی معماری را تشکیل می‌دهند عبارتند از احساس، تعریف، ایده پردازی، نمونه اولیه و آزمایش (Vardhan, 2020)، که با نگرش عمیق‌تر به این فرایندها به این نتیجه میرسیم که هوش مصنوعی قادر به ارائه راه‌کار و کنترل هر پنج مرحله به صورت همزمان نمی‌باشند. و هنوز هوش مصنوعی توانایی فکر خلاقانه یا پویا را حداقل در معماری ندارد و یک معمار می‌تواند خروجی‌های ماشین را در هر زمانی زیر سؤال ببرد (Paolillo, et al, 2022)، علاوه بر آن تنوع زیاد و محتوای هنری معماری از این حرفه در برابر تغییرات ناگهانی دفاع می‌کند، اما دلیل دیگر دست کم گرفتن هوش مصنوعی علاقه به حفظ خود (معماران) است که در همه حرفه‌ها ذاتی است (Trabucco, 2021).

آرتور مامو مانی^{۳۵} اعلام می‌کند که حتی با استفاده از هوش مصنوعی، طراحان حق کنترل فرایند طراحی را در هر زمان، انتخاب و پرسش از پاسخ‌های ارائه شده توسط هوش مصنوعی حفظ می‌کنند (Paolillo, et al, 2022) و این یعنی وابستگی ماشین به انسان یا معماری که آنرا کنترل و باز بینی می‌کند که دچار خطا و یا فقدان نشود. رابطه بین هوش مصنوعی و عملکرد حرفه‌ای در حال حاضر در یک وضعیت پیشگام شناخته شده است (Paolillo, et al, 2022). پیشرفت‌های تکنولوژیکی دارای معیارهای خاصی به نام "گلوگاه تکنولوژیک" است که امکان جایگزینی مشاغل خاص را ارزیابی می‌کند، این رتبه بندی بر اساس طیفی از اینکه آن شغل چقدر به خلاقیت نیاز دارد انجام می‌شود (Nidal Ismail Agha, 2019). همانطور که آندریاس کلوک پترسن اشاره می‌کند، معماری مطمئناً یکی از پیچیده‌ترین شیوه‌های حرفه‌ای است و هر انتخاب معماری شامل جنبه‌های بی شماری است (Paolillo, et al, 2022) که طراحی و برنامه‌نویسی هوش مصنوعی برای آنها بسیار زمان بر و شاید خارج از دسترس باشد.

دلایل فنی عدم جایگزینی هوش مصنوعی با معمار
ظرفیت رایانه‌ها برای جایگزینی انسان‌ها را باید در ظرفیت



عضو نوظهور در معماری، بهتر است این حوزه به عنوان یک فرصت جدید، پر از پتانسیل و وعده‌ها در نظر گرفته شود تا عاملی ناشناخته و مخرب، و این یکی از وظایف سیستم‌های آموزشی است که با معرفی کامل آن راه را برای پذیرش آن توسط جامعه مهیا کنند. در حال حاضر حضور هوش مصنوعی در معماری به عنوان عنصری مکمل می‌باشد و فعلاً نمیتوان کلیه مسئولیت‌های یک معمار حتی معمار کم تجربه را کلاً به هوش مصنوعی محول کرد.

طراحی معماری بر پایه اصول و قوانینی استوار است که بر گرفته از چندین پارامتر تأثیر گذار همزمان بر آن است مانند، زیبایی‌شناسی، روانشناسی، هندسه، مفهوم‌شناسی، قوانین شهرداری، اقتصاد، قوانین فقهی و دیگر فاکتورهای تأثیر گذار که در حال حاضر هوش مصنوعی نتوانسته نفوذ خود را بیشتر از هندسه و قوانین منطقی ریاضی گسترش دهد و الگوریتم‌های موجود نارسایی‌هایی از طرف موارد ذکر شده را دارا میباشند. علاوه بر آن از نظر فنی و داشتن توجیه اقتصادی نیز هوش مصنوعی در حدی نیست که آنرا وارد پروژه‌های بزرگ مقیاس و اجرایی کرد و عملاً صرفه اقتصادی ندارد و هزینه‌های آماده‌سازی، آموزش و پیاده‌سازی در شرایط حاضر به صرفه نیست و انرژی مورد نیاز برای راه‌اندازی یک سیستم جامع هوش مصنوعی جایگزین یک مهندس معمار در مقایسه با یک انسان بسیار زیاد و شاید غیر ممکن می‌باشد به همین خاطر می‌توان نتیجه گرفت خطر جدی شغل معماران را تهدید نمی‌کند و تنها راه تضمین شده و به دور از استرس این است که خود را با شرایط جدید وفق دهیم و هوش مصنوعی را به عنوان یک همیار قبول کنیم تا دچار رکود یا انزوال نگردیم. در نهایت تنها برخی از مشاغل مانند راننده تاکسی، فروشنده‌گان، راهنمای تور و مانند آن که رفتارهای تکراری و بیشتر بدون خلاقیت انجام میدهند بیشتر در معرض جایگزینی خواهند بود تا مشاغل چند بعدی مانند معماری و طراحی که خلاقیت عامل اصلی موفقیت محصول آنها است. درست است که هوش مصنوعی فعلاً تهدیدی برای معماران و مشاغل مرتبط محسوب نمیشود ولی از منظر بروز بودن تکنولوژیکی معمار بسیار حائز اهمیت است و عدم تکامل هوش مصنوعی در زمینه معماری دلیل بر تضمین شغل معماری در آینده نیست.

در حال حاضر صرف همچنین منابع زیادی برای بازسازی مغزی در حد مغز یک موش و یا پشه توجیه اقتصادی نداشته و نمیتوان به صورت کاربردی در انجام وظایف انسانی وارد شود. کراوس^{۲۵} معتقد است که ادعایش را به کمک یک آزمایش می‌تواند اثبات کند، با توجه به مصرف برق یک رایانه امروزی رایانه ای که قدرت و قابلیت ذخیره‌سازی و پردازش ذهن انسان را داشته باشد نیازمند بیش از ۱۰ تراوات برق است که این میزان برق برابری می‌کند با برق مصرفی کل بشر روی زمین. درحالیکه مغز انسان همین فعالیت‌ها را تنها با ۱۰ وات انجام می‌دهد (اکبریان، طالبی، ۱۴۰۱). علاوه بر آن یادگیری عمیق، برخلاف رایج‌ترین الگوریتم‌های یادگیری ماشینی، برای آموزش به زمان بر حسب ساعت یا حتی هفته‌ها از زمان پردازنده مرکزی^{۲۶} نیاز دارد، بنابراین برای به دست آوردن و پردازش حجم عظیمی از داده‌های مورد نیاز برای عملکرد آن، نیاز هست که شبکه‌های عصبی را سریعاً یکپارچه کرد (Paolillo, et al, 2022) و بر اساس دلایل ذکر شده این اتفاق خارج از منطق فعلی می‌باشد. مغز انسان به صورت چند کاناله عمل می‌کند و برای بهترین نتیجه‌گیری بیشترین ورودی اطلاعات را جمع‌آوری و تحلیل می‌کند و این یکی از قوی‌ترین دلایل اینکه هوش مصنوعی نمیتواند جایگزینی برای معمار بشود در تعدد راه‌های ورود داده به مغز انسان می‌باشد. برخلاف رایانه‌ها، مغزها نه‌تنها بر اساس داده‌های پردازش شده، بلکه بسته به حواس پنج‌گانه‌ای که رایانه‌ها ندارند، تصمیم‌گیری‌های اضافی را نیز شامل می‌شود (Nidal Ismail Agha, 2019). از منظر حفظ بقا نیز ماشین‌ها نمیتوانند خود را به‌تنهایی حفظ کنند. تا صحت کیفیت و کارکرد سخت افزاری و نرم‌افزاری آنها را کنترل کند. ربات‌ها و کامپیوترها برای به‌روز بودن از برخی جنبه‌های فیزیکی مانند ارتقاء قسمت‌های سخت افزاری به همیاری انسان‌ها نیازمند هستند تا همیشه بروز باشد تا از پس وظایف محول شده به آن بر بیاید.

نتیجه‌گیری

پژوهش‌های پیشین در عمل نشان دهنده رشد سریع و محبوبیت روز افزون هوش مصنوعی در بین کاربران می‌باشد. به دور از فکر کردن متعصبانه به هوش مصنوعی به عنوان

بی‌نوشت‌ها

- | | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1. Artificial Intelligence | 10. Convolutional Neural Network | 19. Physarum | 28. Tuzzolino |
| 2. Auto Cad | 11. Gan | 20. Plasmodial Slime | 29. Wirz |
| 3. Rihno | 12. Parametric | 21. Design Aided-Computer | 30. Arthur Mamou-Mani |
| 4. John Mc Carthy | 13. Frank Gehry | 22. Fab-Lab | 31. i.e., if-then operations |
| 5. Marvin Minsky | 14. Catia | 23. BIM | 32. cGAN |
| 6. Fernández | 15. CAM | 24. Revit | 33. Xavier |
| 7. Generative Adversial Network | 16. CAD | 25. Bim Bot | 34. ANN |
| 8. Generative Design | 17. Machine Learning | 26. Valencia | 35. Kross |
| 9. AI | 18. Grass Hopper | 27. Madeline Gannon | 36. CPU |

فهرست منابع

- گلباشا، بهنام (۱۳۹۹). انسان، ربات، معماری. چگونه ربات ساخت را دگرگون خواهد کرد؟ فصلنامه علمی تخصصی معماری سبز، ۱، ۳۹-۴۴.
- متینی، محمدرضا؛ خاقانی، سعید؛ برادران، امیربهادر (۱۳۹۹). شناخت، تحلیل و بررسی کاربرد هوش جمعی الگوریتم بهینه‌سازی فیزاروم در معماری و شهرسازی، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، ۲: ۸۳-۹۱.
- نجاتی، نریمان؛ کالانتیری، سعیده؛ بمانیان، محمدرضا (۱۴۰۰). آموزش طراحی معماری مبتنی بر هوش مصنوعی، نشریه پژوهش‌های معماری نوین، ۱، ۷-۲۵.
- Antonio Paolillo., Fabrizio Collela. Nicola Nosengo. Fabrizio Schiano. William Stewart. Davide Zambrano. Isabelle Chappuis. Rafael Lalive. And Dario Floreano. (2022). How to compete with robots by assessing job automation risks and resilient alternatives. Science robotics. Vol 7, Issue 65
- Balisson, Dushan. J. C. Melis, Wim. (2017) Keates, Simeon. Native Architecture for Artificial Intelligence
- Bidgoli, A & Veloso, PdeepCloud, (2018). The Application of a Data-driven, Generative Model in Design.
- Castro, Pena. Garballal, Adrian. Rodríguez-Fern, Nereida. Santos, Iria. Romero, Juan. (2021). Artificial intelligence applied to conceptual design. A review of its use in architecture. Automation in Construction.124.
- Chaillou S.AI + Architecture. (2019). Towards a New Approach. Harvard GSD. Master thesis.
- Cudzik, Jan., Radziszewski, Kacper. (2018). Artificial Intelligence Aided Architectural Design'. AI FOR DESIGN AND BUILT ENVIRONMENT, 1.
- اریس، آناهیتا؛ مهدوی نژاد، محمدرضا؛ دانشجو، خسرو (۲۰۲۱). نقش رایانه‌ها در تفکر طراحی (نگاهی به جایگاه هوش مصنوعی در طراحی معماری، کنفرانس ملی معماری، عمران، شهرسازی و افق‌های اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب.
- اکبریان، محمدرضا؛ طالبی، هدیه (۱۴۰۱). بررسی کاربرد هوش مصنوعی در معماری. نهمین همایش ملی مطالعات و تحقیقات نوین در حوزه علوم جغرافیا، معماری و شهرسازی ایران.
- رهبر، مرتضی؛ مهدوی نژاد، محمدرضا؛ بمانیان، محمدرضا و دوائی مرکزی، امیرحسین (۱۳۹۹). الگوریتم سی‌گن در تولید نقشه حرارتی جانمایی فضایی در طراحی معماری، نشریه معماری و شهرسازی آرمانشهر، ۱۳ (۳۲)، ۱۴۲-۱۳۱.
- GALLO, Giuseppe. TUZZOLINO, Giovanni Francesco. WIRZ, Fulvio. (2020). THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ARCHITECTURAL DESIGN: CONVERSATION WITH DESIGNERS AND RESEARCHERS. The 7th international conference on Architecture and built Environment with AWARDS. Tokyo.
- Krausková, Veronika. Pifko, Henrich. (2021). Use of Artificial Intelligence in the Field of Sustainable Architecture: Current Knowledge. Architecture Papers of the Faculty of Architecture and Design STU.
- Knight, Heather. (2006). <https://projects.csail.mit.edu/films/aifilms/AIFilms.html>.
- Nidal Ismail Agha, Dana. (2019). The Impact of Artificial intelligence on the future of architecture & architects (The Revolution of Artificial Intelligence). ResearchGate.
- Rohan Vardhan, (2020), Machine Learning (Artificial Intelligence) in Architecture Design Process.
- Trabucco, Dario. (2021). Will artificial intelligence kill architects? An insight on the architect job in the AI future. TECHNE Special Series, 2.128-132.