مجله علمی مطالعات پژوهشی در مهندسی عمران آینده، ۱۴۰۳، دوره ۱، شماره ۱، ص ص ۱-۵

مجله علمی مطالعات پژوهشی

در مهندسی عمران آینده

www.journalhi.com/civ/

بررسی، کاربرد و تحلیل جایگاه و نقش هوش مصنوعی در طراحی بهینه اقتصادی سازه‌های فولادی ساختمانی

مهدی قلیچ خانی[۱]

۱- کارشناسی ارشد مدیریت پروژه های مهندسی، دانشگاه مالزی UPM. ایمیل: Eng.mahdigh. 1979 @gmail.com

چکیده

در این مقاله به بررسی ،کاربرد و تحلیل جایگاه و نقش هوش مصنوعی در طراحی بهینه اقتصادی سازه‌های فولادی ساختمانی پرداخته شده‌است. استفاده از هوش مصنوعی باعث صرفه جویی در وق از هوش مصنوعی می‌تواند،در حل مهندسین وکارفرمایان کمک کند ، طراحی سازه‌های ساختمانی می‌توان به کمک هوش مصنوعی خلق نمود و یا مواردی که این صنعت نوظهور می‌تواند، دخالت کامل و بی نقص ایجاد کند،هائز توجه می‌باشد.طراحی سازه‌های ساختمانی فرآیند پیچیده‌ای است، که از تجربیات و خلاقیت گذشته برای تولید استفاده می‌کند. طرح‌های جدید کاربرد هوش مصنوعی در این فرآیند نباید به سمت یافتن راه‌حل در یک فضای جستجوی تعریف شده باشد، زیرا الزامات طراحی سازه‌های ساختمانی هنوز در مرحله مفهومی به خوبی تعریف نشده‌اند .در عوض، این فرآیند باید،به عنوان کاوش در الزامات طراحی سازه‌های ساختمانی و همچنین راه حل‌های ممکن در نظر گرفته شود،برای برآوردن آن الزامات طراحی سازه‌های ساختمانی این کار نمونه‌ای از پروژه‌های تحقیقاتی بزرگ را ارائه می‌دهد،که راه‌حل‌های هوش مصنوعی را در طراحی سازه‌های ساختمانی به کار می‌برند.پژوهش حاضر، قصد دارد،با استفاده از محاسبات هوش مصنوعی، وزن سازه را حداقل کند،در پژوهش‌های پیشین کنترل قیود و طراحی بهینه قاب‌های خمشی فولادی بصورت دو بعدی و فقط با الگوریتم‌های قدیمی تر انجام شده بود. از مهم ترین کارهای این پژوهش تکمیل قیود جدید آیین‌نامه‌ای برای کنترل تمام قیود و طراحی بهینه انواع پرکاربرد سازه‌های فولادی می‌باشد.بیشتر پژوهش‌ها از تکنیک‌های محاسباتی تکاملی استفاده می‌کنند .اکثر رویکردهای اولیه به سمت یافتن اشکال نوآورانه و خلاقانه سوق داشته‌اند،در حالی که تحقیقات به بررسی شرکت‌ها و سازه‌هایی که از هوش مصنوعی و مفهوم ساختمان‌های هوشمند استفاده کرده و در این صنعت بعنوان پرچم-داران تولید و توسعه چنین فناوری کاربردی و مفیدی جای گرفته‌اند.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، طراحی بهینه، اقتصادی، سازه‌های فولادی، تکنیک‌های محاسباتی، فناوری

Investigation, application and analysis of the place and role of artificial intelligence in the optimal economic design of construction steel structures

Mehdi Qalichkhani [1]

1- Master of engineering project management, UPM University Malaysia. Eng.mahdigh. 1979 @gmail.com

Abstract

In this article, the study, application and analysis of the place and role of artificial intelligence in the optimal economic design of construction steel structures have been discussed. The use of artificial intelligence saves time, cost and speed in the production of products, especially buildings. The use of artificial intelligence can help in the solution of engineers and employers, the design of building structures can be created with the help of artificial intelligence, or the cases in which this emerging industry can create a complete and perfect intervention, are noteworthy. Designing building structures is a complex process that uses past experiences and creativity for production. New plans for the use of artificial intelligence in this process should not be aimed at finding a solution in a defined search space, because the design requirements of building structures have not yet been well defined in the conceptual stage. Instead, this process should be considered as an exploration of structural design requirements as well as possible solutions to meet those structural design requirements. This work is an example of a large research project. presents that artificial intelligence solutions are used in the design of building structures. The current research aims to minimize the weight of the structure by using artificial intelligence calculations, in previous researches Control of constraints and optimal design of steel bending frames was done in two dimensions and only with older algorithms. One of the most important tasks of this research is the completion of new regulatory restrictions to control all restrictions and optimal design of widely used types of steel structures. Most researches use evolutionary computing techniques. Most of the initial approaches have been directed towards finding innovative and creative forms, while researches have investigated companies and structures that have used artificial intelligence and the concept of smart buildings and have been the flagships of production and The development of such practical and useful technology has taken place.

Keywords: artificial intelligence, optimal design, economic, steel structures, computing techniques, technology

۱- مقدمه

طراحی سازه‌های ساختمانی متفاوت است،از هنرهای دیگر به این دلیل که محصولات آن باید همزمان باشد،از نظر ساختاری پایدار و کاربردی است .[1]شکل ساختمان، فعالیت اصلی طراحی سازه‌های ساختمانی است،روند طراحی، معمولا که طراحان یک طرح را با اختلال شروع می‌کنند .مفهوم تصویری مبهم از شکل آن که اساس را تشکیل می‌دهد،برای پیشنهاد مجموعه‌ای از روش‌ها شکل اولیه بر هر دو اثر خواهد گذاشت،عملکرد و هزینه ساخت، استفاده از نور روز، مصرف انرژی ، پیکربندی چیدمان، عملکرد سایه، آکوستیک، عملکردی دسترسی، و بهره خورشیدی نیز می‌باشد. [2]در مرحله طراحی، نتایج ورودی برای مراحل بعدی طراحی سازه‌های ساختمانی است، در طول زندگی چرخه ساختمان طراحی سازه‌های ساختمانی فرآیندی است، که از تجربیات استفاده می‌کند .خلاقیت برای توسعه طرح‌های جدید می-باشد.[۳] از الزامات طراحی سازه‌های ساختمانی و همچنین از راه حل‌های ممکن برای برآورده کردن این الزامات4] ،[5 طراحی سازه‌های ساختمانی بسیاری از طراحی‌های الکترونیکی با در نظر گرفتن طیف وسیعی از موارد قابل اندازه گیری و غیر قابل اندازه گیری انتخاب می‌شوند. [۶]

۲- مروری بر سوابق پیشین

در پژوهش شاناکا کریستومبو بادوجه [1] به بررسی پیشرفته‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی [2]، یادگیری ماشینی می پردازد. یادگیری عمیق [3] در صنعت ساختمان و ساخت و ساز در جنبه‌های طراحی معماری و تجسم؛ طراحی و بهینه سازی مواد؛ طراحی و تحلیل سازه؛ تولید خارج از سایت و اتوماسیون؛ مدیریت ساخت و ساز، نظارت بر پیشرفت و ایمنی؛ عملیات هوشمند، مدیریت ساختمان و نظارت بر سلامت؛ و دوام، تحلیل چرخه عمر، و اقتصاد دایره ای پرداخته شده است. این مقاله دیدگاهی در مورد حوزه‌هایی برای چرخه عمر کامل ساختمان، از مفهومی مرحله، مرحله طراحی، مرحله ساخت، مرحله بهره برداری و نگهداری تا پایان عمر و علاوه بر این، داده‌ها استراتژی‌های جمع آوری با استفاده از دید هوشمند و حسگرها، روش‌های پاکسازی داده‌ها (پس از پردازش)، ذخیره سازی داده‌ها برای توسعه این مدل‌ها، و چالش‌های توسعه مدل و استراتژی‌هایی که باید بر آن غلبه کرد، مورد بحث قرار می‌گیرد.[۷] کالب دبراه [4]در سال ۲۰۲۲،در بخش معماری، مهندسی و ساخت و ساز با چالش‌های پایداری و کارایی شدیدی مواجه شد. استفاده از هوش مصنوعی در ساختمان سبز [5]یک راه حل موثر برای افزایش پایداری و کارایی بخش است. در حالی که مطالعاتی در حوزه ساختمان سبز انجام شده است، یک مطالعه عمیق در مورد جدیدترین تحقیقات استفاده از هوش مصنوعی در ساختمان سبز تاکنون وجود ندارد. برای ارائه درک بهتر از این منطقه ناشناخته، این مطالعه با استفاده از روش تحلیل کتاب سنجی-سیستماتیک آغاز شد. هدف این مطالعه نشان دادن ترکیب بین هوش مصنوعی و همچنین برجسته کردن روندهای تحقیقاتی همراه با شکاف‌های دانش است، که ممکن است در تحقیقات آینده استفاده از هوش مصنوعی در ساختمان سبز برطرف شود. یک تحلیل کتاب‌سنجی کمی برای شناسایی عینی نقاط مهم پژوهشی، روندها، شکاف‌های دانش و نیازهای تحقیقاتی آینده بر اساس ۳۸۳ نشریه تحقیقاتی شناسایی‌شده انجام شد. تجزیه و تحلیل سیستماتیک کیفی بیشتر نیز بر روی ۷۶ نشریه تحقیقاتی غربال شده در استفاده از هوش مصنوعی در ساختمان سبز انجام شد. از طریق این بررسی سیستماتیک ترکیبی، شکاف‌های دانش شناسایی شدند و جهت‌های تحقیقاتی آینده استفاده از هوش مصنوعی در ساختمان سبز به شرح زیر پیشنهاد شد: دوقلوهای دیجیتال و هوش مصنوعی چیزها. بلاک چین؛ روباتیک و چاپ ۴ بعدی؛ و مسئولیت‌های قانونی، اخلاقی و اخلاقی. [۸] در این مطالعه، آستریز [6] و همکاران در سال ۲۰۲۲،مدلی برای تخمین مقاومت فشاری بتن‌های حاوی متاکائولین توسعه یافته و با استفاده از تکنیک‌های محاسباتی نرم، به صورت پارامتریک ارزیابی می‌شود .متاکائولین جزئی است، که به طور گسترده در دهه‌های اخیر به عنوان وسیله ای برای کاهش نیاز به سیمان در بتن استفاده شده‌است .برای مدل‌های پیشنهادی، شش پارامتر به عنوان داده های ورودی در نظر گرفته شده است .اینها عبارتند از سن در هنگام آزمایش، درصد متاکائولین در رابطه با کل چسب، نسبت آب به چسب، درصد فوق روان کننده، نسبت چسب به ماسه و نسبت درشت به دانه ریز . برای آموزش و تأیید مدل‌های توسعه‌یافته، پایگاه داده‌ای از ۸۶۷ نمونه تجربی، پس از بررسی گسترده‌ای از ادبیات منتشر شده مرتبط، گردآوری شده است .یک فرآیند ارزیابی قوی برای انتخاب مدل بهینه مورد استفاده قرار گرفته است،که می‌تواند مقاومت فشاری بتن را با در نظر گرفتن استفاده از متاکائولین با دقت قابل‌توجهی تخمین بزند .با استفاده از مدل توسعه‌یافته، تعدادی نمودار تولید می‌شود، که تأثیر غیرخطی اجزای مخلوط را بر مقاومت فشاری بتن حاصل نشان می‌دهد. [۹] در پژوهشی دیگر به بررسی عملکرد شمع در انواع سازه‌ها با استفاده از فناوری هوش مصنوعی می‌پردازد. شمع‌ها به عنوان یکی از عناصر مهم در سازه‌های مختلف ، نقش مهمی در استحکام و پایداری سازه دارند. با استفاده از فناوری هوش مصنوعی ، عملکرد شمع‌ها در سازه‌های مختلف بهبود یافته و خطرات ناشی از آسیب دیدگی و خستگی شمع‌ها کاهش می‌یابد. برای بررسی عملکرد شمع در این تحقیق ، الگوریتم های هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است . با استفاده از این الگوریتم‌ها، رفتار شمع در برابر بارگذاری و تغیرات دینامیک سازه بررسی شده و بهینگی طول و قطر شمع‌ها برای حداکثر استحکام و پایداری سازه تعیین می‌شود. نقش شمع در سازه‌های ساختمانی به عنوان یک عنصر پشتیبانی است . شمع‌ها به طور معمول در سازه‌هایی استفاده می‌شوند، که نیاز به تقویت و پشتیبانی دارند، مانند ساختمان‌های قدیمی ، پل‌ها، تونل‌ها و زیرساخت‌های حفاری . بنابراین ، نقش شمع در سازه‌های ساختمانی عبارت است،از تقویت و پشتیبانی سازه، کنترل لغزش خاک و افزایش پایداری و امنیت ساختمان. بهینه سازی فرآیندهای ساخت : هوش مصنوعی قادر است ،در فرآیندهای ساخت ، نظارت کند و بهینگی را در فعالیت‌های ساخت و ساز بهبود بخشد. هوش مصنوعی قادر است،با تجزیه و تحلیل داده‌های موجود، خطرات پتانسیل در سازه‌ها را پیش‌بینی کند. این قابلیت می‌تواند، در بهبود امنیت سازه‌ها، پروژه برنامه‌ریزی بحران و حفظ منابع طبقات عمومی مفید باشد. نتایج تحقیق نشان می دهد که با استفاده از فناوری هوش مصنوعی ، عملکرد شمع در سازه‌ها بهبود یافته و خطرات ناشی از آسیب دیدگی و خستگی شمع‌ها کاهش می‌یابد. همچنین ، طول و قطر بهینه شمع‌ها برای حداکثر استحکام و پایداری سازه تعیین می‌شود. بنابراین ، استفاده از فناوری هوش مصنوعی در بررسی عملکرد شمع در انواع سازه‌ها

[1] Shanaka Kristombu Baduge
[2] AI
[3] DL
[4] Caleb Debrah
[5] AI-in-GB
[6] Asteris

موجب بهبود استحکام و پایداری سازه و کاهش خطرات ناشی از آسیب-دیدگی شمع‌ها می‌شود. [۱۰] در پژوهش حاضر،کیانی و همکاران در سال ۱۴۰۲، قصد دارند،با استفاده از محاسبات هوش مصنوعی، الگوریتمی ارائه نماید،تا در حالی که وزن سازه را حداقل می‌کند، تمامی قیودات آیین نامه-های مبحث ۶، مبحث ۱۰ و استاندارد ۲۸۰۰ مقررات ملی ساختمان را ارضا کند. در پژوهش‌های پیشین کنترل قیود و طراحی بهینه قاب‌های خمشی فولادی بصورت دو بعدی و فقط با الگوریتم‌های قدیمی تر انجام شده بود. از مهم‌ترین کارهای این پژوهش تکمیل قیود جدید آیین نامه‌ای برای کنترل تمام قیود و طراحی بهینه انواع پرکاربرد سازه‌های فولادی کوتاه و میان مرتبه می‌باشد. کلیه قیود و کنترل‌های آیین نامه‌ای لازم برای سه نوع سازه فولادی اصلی پر کاربرد کشور نظیر: ۱) قاب‌های مهاربندی و ۲) قاب‌های دارای دیوار برشی ۳ (قاب‌های خمشی دوگانه با دیوار برشی پیاده سازی شده است. در نهایت نتایج این الگوریتم با پروژه بیمارستان الزهرا تبریز صحت سنجی گردید. از نتایج ارزشمند کار راحت کردن فرایند کنترل و طراحی ایمن ساختمان اسکلت فلزی با ارائه یک پنل گرافیکی ورودی مدل و نمایش تمام خروجی‌های مهم سازه در قالب متن و نمودار می‌باشد. فرآیند کار به صورت هوشمند برنامه ریزی شده تا فقط با ورودی یک فایل ایتبس[1] استاندارد به الگوریتم روند طراحی لرزه‌ای بهینه بصورت خودکار انجام شود. در فایل ایتبس مقاطع تعریف شده برای هر گروه طراحی ستون، تیر، مهاربند و دیوار به صورت لیستی از مقاطع قابل استفاده تعریف شده‌است، الگوریتم هوش مصنوعی بهترین آرایش آن را انتخاب بکند. برای سه مثال سازه‌ای و پروژه بیمارستان الزهرا تبریز نشان داده شد، که در کنار ایمن سازی طراحی می-توان صرفه جویی قابل توجهی در حدود ۱۱ تا ۳۰ درصد از وزن فولاد با ارزش کشور داشت ،که رسیدن به این نتایج برای کامپیوتر بدون استفاده از هوش مصنوعی چندین سال طول می کشید. [۱۱]

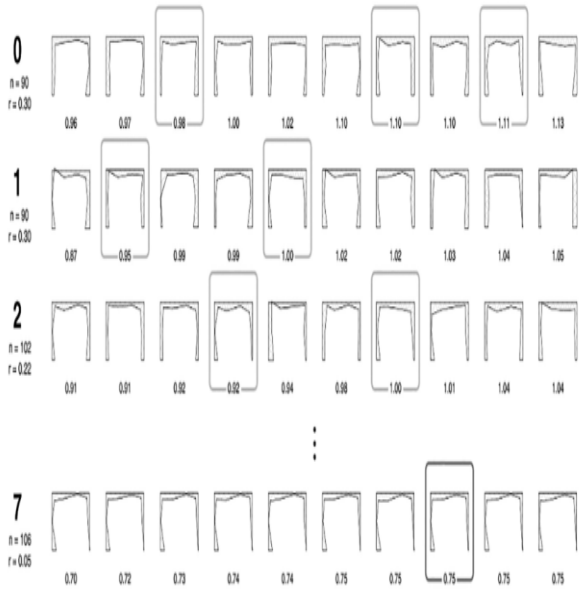
۳- کاربرد هوش مصنوعی طراحی سازه‌های ساختمانی

صنعت ساختمان‌سازی، بخش قابل توجهی از اقتصاد هر کشور را تامین می‌کند.به همین دلیل رشد و توسعه آن در تمام مراحل، اهمیت بسیار زیادی دارد و موجب رشد اقتصاد می‌شود. یکی از راه‌هایی که موجب رشد این صنعت می‌شود، استفاده از هوش مصنوعی در جنبه‌های مختلف ساخت و ساز است. این فناوری به هر عرصه‌ای که وارد شود، تحولات زیادی ایجاد کرده و باعث سرعت بخشیدن به آن می‌شود.

به طور کلی دلایل زیادی برای استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساختمان‌سازی وجود دارد،که عبارتند از:

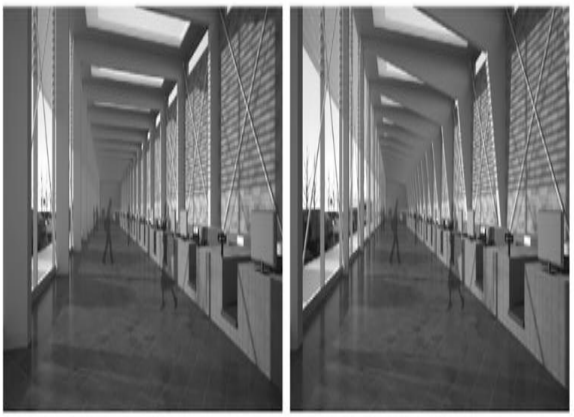
- افزایش راندمان و بهره وری
- تجزیه و تحلیل داده‌ها با پیش بینی چالش‌های احتمالی
- ارتقای ایمنی با شناسایی خطرات احتمالی
- کاهش هزینه‌ها و مدیریت بودجه
- افزایش پایداری با بهینه‌سازی مصرف انرژی

هوش مصنوعی در طراحی سازه‌های ساختمانی پس از گذراندن مراحل ابتدایی و شروع به ایجاد انقلاب در بسیاری از زمینه‌های مختلف به نوعی، در راه تبدیل شدن به یک فناوری مخرب است .همچنین پیش‌بینی می‌شود،که رویکردهای طراحی مهندسی سنتی انسان‌محور را کاملاً تغییر دهد[۱۲] . اگرچه هنوز در مراحل اولیه، برنامه‌های مهندسی مبتنی بر هوش مصنوعی آنها را قادر می‌سازد،تا با پارامترهای طراحی مبهم کار کنند و مشکلات مهندسی پیچیده را حل کنند، در غیر این صورت با روش‌های طراحی سنتی امکان پذیر نیست .این کار تلاش می‌کند، تا بر پیشرفت فعلی و روندهای تحقیقاتی آینده در کاربردهای هوش مصنوعی در مفاهیم طراحی مهندسی، که ۱۵ سال گذشته را پوشش می‌دهد، که دوره افزایش هوش مصنوعی است، نور بتاباند .روش‌هایی مانند یادگیری ماشین، الگوریتم ژنتیک و منطق فازی به دقت از دیدگاه طراحی مهندسی مورد بررسی قرار گرفته‌اند .مطالعات طراحی مبتنی بر هوش مصنوعی برای مراحل مختلف طراحی مانند الهام، تولید ایده و مفهوم، ارزیابی، بهینه‌سازی، تصمیم‌گیری و مدل‌سازی طبقه‌بندی شده و مورد بررسی انتقادی قرار گرفته‌اند .[۱۲]به عنوان یک نتیجه کلی از این بررسی، می‌توان با اطمینان گفت که علاقه به روش‌های طراحی مبتنی بر داده و هوش مصنوعی قابل توضیح در سال‌های اخیر افزایش یافته است .علاوه بر این، استفاده از روش‌های هوش مصنوعی در برنامه‌های طراحی مهندسی به دستیابی به نتایج کارآمد، سریع، دقیق و جامع کمک می‌کند .خصوصاً با روش‌ها و ترکیب‌های یادگیری عمیق، موقعیت‌هایی که ظرفیت انسانی کافی نیست،را می‌توان به طور مؤثر مورد بررسی قرار داد . با این حال، انتخاب روش مناسب برای یک مشکل طراحی مورد بررسی برای چنین نتایج موفقیت آمیزی بسیار مهم است .از این رو، ما یک دیدگاه کلی در مورد انتخاب روش مناسب براساس نتایج ادبیات برای مشکلات طراحی ارائه کرده‌است. [۱۲]مطالعه پارامتری که در آن‌ها جهش متفاوت را نشان دادند،نرخ‌ها و اندازه‌های تولید به کاربر کنترل بی‌سابقه‌ای بر روی آن می‌دهد،ماهیت اکتشاف فضای طراحی، امکان اولویت‌بندی عملکرد، ترجیحات کیفی، تنوع، یا ترکیبی مطلوب از آن اهداف همچنین نرم افزار را پیاده‌سازی کردند،دنباله‌ای از مطالعات موردی که در آن‌ها نشان دادند، که حالت‌های متعدد از اکتشاف، از جمله اولویت بندی عملکرد، امکان پذیر است، رویکرد آن‌ها و همچنین اهداف کیفی را در نظر می‌گیرند، مانند شکل ۱و۲. [۱۳]



[1] ETABS

شکل ۱. هشت نسل متوالی برای یک رویکرد اکتشافی ترکیبی که در آن طرح‌ها توسط کاربر براساس ویژگی‌های زیبایی شناختی کیفی [۱۳]



شکل ۲. دو گزینه برای طراحی سیستم ساختاری جانبی و گرانشی برای ترمینال فرودگاه: (سمت چپ) یک قاب سفت و سخت استاندارد و (راست) یک قاب صلب شکل .قاب شکل‌دار از مقدار مشابهی از مواد استفاده می‌کند و فضای داخلی را از نظر معماری گویاتر[۱۳]

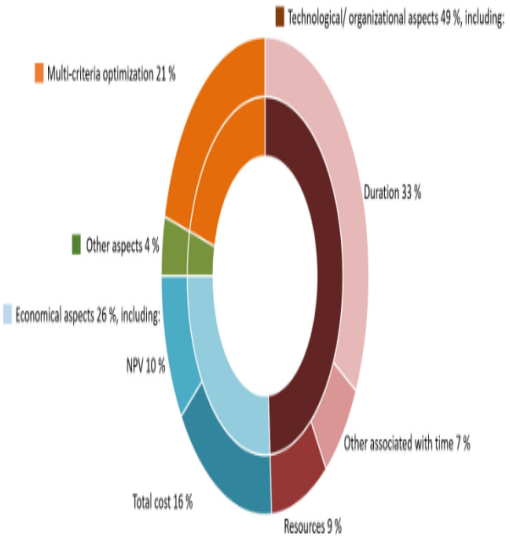
پروژه‌های ساختمانی نقشی حیاتی در شکل دادن به محیط ساخته شده ایفا می‌کنند و تأثیر قابل توجهی بر محیط طبیعی و اقتصاد در سراسر جهان دارند .تصمیمات اتخاذ شده در مراحل برنامه ریزی و اجرای یک پروژه می-تواند،پیامدهای طولانی مدتی بر عملکرد زیست محیطی و بهینه‌سازی اقتصادی آن داشته باشد .بنابراین، بررسی دقیق این عوامل و اتخاذ تصمیمات آگاهانه در راستای اهداف توسعه پایدار ضروری است .یکی از راه‌های دستیابی به این هدف، استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری و ابزارهای هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی اقتصادی و تطبیق پارامترهای توسعه پایدار و اقتصادی در زمان‌بندی پروژه‌های ساختمانی است .با انجام این کار، می توان کارایی و اثربخشی کلی فرآیند ساخت و ساز را بهبود بخشید و در عین حال به رفاه جوامعی که این پروژه‌ها در آنها واقع شده‌اند، نیز کمک کرد. [۱۴]

۴- مدل‌های بهینه‌سازی زمان بندی

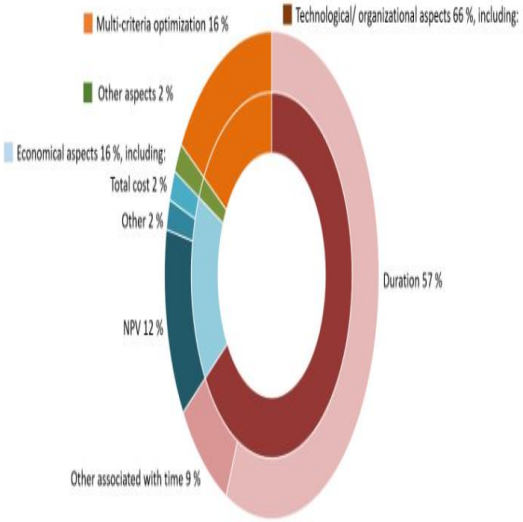
در این طرح توصیفی از برنامه زمان‌بندی استفاده می‌کنند. با توجه به نوع محدودیت‌های در نظر گرفته شده تقسیم می‌شوند،دامنه تصمیمات اتخاذ شده در اینجا می‌توان تشخیص داد. [۱۵]

- مشکل زمان‌بندی پروژه بدون در نظرگرفتن محدودیت‌های منابع (مشکل زمان‌بندی پروژه بدون محدودیت)
- مشکل زمان بندی پروژه با در نظر گرفتن محدودیت‌های منابع (منابع-مشکل زمان‌بندی پروژه محدود)
- مشکل زمان بندی پروژه با در نظر گرفتن محدودیت‌های منابع و تفاوت حالت‌های مختلف (انواع/روش) انجام فعالیت‌ها

مطالعات گسترده در مورد مدل‌های بهینه سازی را می‌توان یافت. با توجه به مطالعات، اشاره شد که در ۲۱۶ مقاله اختصاص داده شده به این نوع مشکل، ۳۳ درصد از آنها بر روی به حداقل رساندن مدت زمان تمرکز کردند. این درصد دقیق معیارهای بهینه‌سازی در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به تجزیه و تحلیل انجام شده توسط نویسندگان (۱۰۶ مقاله از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۹)، این توزیع به شرح زیر است،شکل ۴. تسلط معیار مدت پروژه حتی بیشتر از ۵۷٪ از کارها قابل مشاهده است. [۱۶]



شکل ۳. فرکانس تقریبی بهینه‌سازی برنامه براساس معیارها اصلاح شده



شکل ۴. فرکانس تقریبی بهینه‌سازی برنامه براساس معیارها

۵- نتیجه گیری

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، که بررسی ،کاربرد و تحلیل جایگاه و نقش هوش مصنوعی در طراحی بهینه اقتصادی سازه‌های فولادی ساختمانی پتانسیل عظیمی برای دگرگونی صنعت ساختمان‌سازی دارد. با استفاده از این فناوری نوین، می‌توان شاهد افزایش راندمان، کاهش هزینه ها، ارتقای ایمنی و پایداری در پروژه‌های ساخت و ساز بود. متخصصان حوزه ساختمان با آگاهی از کاربردهای هوش مصنوعی، می‌توانند یک برگه برنده عالی نسبت به رقبا داشته باشند.

مراجع

[1] H. Song, J. Ghaboussi, T.H. Kwon, Architectural design of apartment buildings using the implicit redundant representation genetic algorithm, Autom. Constr. 72 (2016) 166–173.

[2] Agirbas, A. (2019). Façade form-finding with swarm intelligence. Automation in Construction, 99, 140-151.

[3] Logan, B., & Smithers, T. (1992). Creativity and design as exploration. University of Edinburgh, Department of Artificial Intelligence.

[4] Gero, J. S. (1994, January). Towards a model of exploration in computer-aided design. In Formal design methods for CAD (pp. 315-336).

[5] Maher, M. L. (2000). A model of co-evolutionary design. Engineering with computers, 16, 195-208.

[6] Choudhary, R. U. C. H. I., & Michalek, J. E. R. E. M. Y. (2005). Design optimization in computer aided architectural design. Proceedings of CAADRIA, The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia. New Delphi, India, 149-158.

[۷] Baduge, S. K., Thilakarathna, S., Perera, J. S., Arashpour, M., Sharafi, P., Teodosio, B., ... & Mendis, P. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. Automation in Construction, 141, 104440.

[۸] Debrah, C., Chan, A. P., & Darko, A. (2022). Artificial intelligence in green building. *Automation in* Construction, 137, 104192.

[۹] Asteris, P. G., Lourenço, P. B., Roussis, P. C., Adami, C. E., Armaghani, D. J., Cavaleri, L., ... & Pilakoutas, K. (2022). Revealing the nature of metakaolin-based concrete materials using artificial intelligence techniques. Construction and Building Materials, 322, 126500.

[10] نجفی پور، حامد،۱۴۰۲،بررسی عملکرد شمع در انواع سازه ها با بهره گیری از فناوری هوش مصنوعی(AI) ،سومین کنفرانس بین المللی معماری،عمران،شهرسازی،محیط زیست و افق های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب،تبریز.

[۱۱] کیانی، مجید و رهگذار، آوش،۱۴۰۲،کاربرد الگوریتم های هوش مصنوعی در طراحی لرز ه ای بهینه سازه های فولادی براساس مبحث ۱۰ مقرارت ملی ساختمان.

[۱۲] Yüksel, N., Börklü, H. R., Sezer, H. K., & Canyurt, O. E. (2023). Review of artificial intelligence applications in engineering design perspective. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 118, 105697.

[۱۳] C.T. Mueller, J.A. Ochsendorf, Combining structural performance and designer preferences in evolutionary design space exploration, Autom. Constr. 52 (2015) 70–82.

[۱۴] Kulejewski, J., & Rosłon, J. (2023). Optimization of ecological and economic aspects of the construction schedule with the use of metaheuristic algorithms and artificial intelligence. Sustainability, 15(1), 890.

[۱۵] Rosłon, J., & Zawistowski, J. (2016). Construction projects' indicators improvement using selected metaheuristic algorithms. *Procedia Engineering*, *153*, 595-598.

[۱۶] Habibi, F., Barzinpour, F., & Sadjadi, S. (2018). Resource-constrained project scheduling problem: review of past and recent developments. Journal of project management, 3(2), 55-88..