

Tendências Emergentes e Inovações em Patentes de Inteligência Artificial para Gestão de Projetos

FERNANDO ANTONIO RIBEIRO SERRA

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

RENATO PENHA

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

ISABEL CRISTINA SCAFUTO

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

CESAR FERRARI

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

Tendências Emergentes e Inovações em Patentes de Inteligência Artificial para Gestão de Projetos

Introdução

A aplicação da inteligência artificial (IA) na gestão de projetos tem gerado grandes expectativas em relação ao apoio que pode oferecer às ferramentas de gestão, especialmente em projetos de inovação, construção, desenvolvimento de software e produtos, e gestão do conhecimento (Fernández, 2022; Taboada, 2023). Estudos, como Smith & Brown (2022) e Chen & Zhang (2021), indicam que a IA pode melhorar os domínios de planejamento, medição e desempenho em situações de incerteza (Taboada, 2023). A IA também pode melhorar a autenticidade e consistência dos dados, levando a decisões mais rápidas e eficazes (Tubman, 2022), além de automatizar tarefas e otimizar a gestão de projetos (Auth, 2019; Prifti, 2022).

Dentro da gestão de projetos, a IA está sendo explorada em áreas como gestão de riscos (Nenni, 2024), custos e cronogramas (Fridgeirsson, 2021), e na indústria de arquitetura, engenharia e construção (Zabala-Vargas, 2023). No entanto, mais pesquisas são necessárias para sua implementação eficaz na gestão de projetos (Nenni, 2024; Müller, 2024). A IA pode ter um impacto significativo em áreas que requerem dados históricos (Fridgeirsson, 2021) e sua aplicação é influenciada por fatores como adequação ao trabalho, complexidade e fatores sociais (Grover, 2020). O campo está crescendo, com foco na inovação e evolução tecnológica (Liu, 2021) e recebendo revisões da pesquisa acadêmica (Arsenyan, 2024).

Na gestão de projetos de desenvolvimento de novos produtos (NPD), a IA tem potencial para melhorar processos, especialmente em ambientes complexos e incertos, fornecendo definições de tarefas estruturadas e ferramentas de software (Ahmed & Ahmed, 2023). No entanto, ainda existe pouca exploração na gestão de recursos humanos e na interseção com a gestão do conhecimento (Pons, 2008). Na engenharia e gestão de construção, a IA facilita a automação, mitigação de riscos e digitalização (Pan & Zhang, 2021), apoiando a tomada de decisões e melhorando o desempenho do projeto (Scherer & Schapke, 2011).

A IA está atuando nas atividades rotineiras de um profissional de projetos sendo utilizada para automatizar tarefas, fornecer análises e apoiar a tomada de decisões na gestão de projetos (Davahli, 2020; Dam, 2018; Sravanthi, 2023). Ela pode ser útil na gestão ágil de projetos, ajudando na estimativa e previsão de riscos (Dam, 2018), além de otimizar a alocação de recursos humanos e melhorar os resultados dos projetos (Sravanthi, 2023). Embora o campo ainda esteja nos estágios iniciais, apresenta um potencial significativo para desenvolvimento futuro (Nenni, 2024). Embora o campo da IA na gestão de projetos ainda esteja nos estágios iniciais de desenvolvimento, ele apresenta potencial para avanços e inovações futuras, transformando a maneira como os projetos são gerenciados e executados (Butt, 2018).

Apesar do potencial reconhecido da IA para revolucionar a gestão de projetos, sua aplicação permanece limitada e fragmentada em vários processos. As pesquisas atuais e implementações práticas frequentemente focam em tarefas específicas, como previsão de esforços e estimativa de custos, deixando áreas mais amplas, como gestão de stakeholders, aquisição e comunicação, subexploradas. Além disso, há uma falta significativa de treinamento abrangente e adoção sistemática da IA dentro das organizações, levando à subutilização das capacidades da IA.

Este estudo tem como objetivo principal analisar as patentes relacionadas à IA na gestão de projetos, coletadas entre 2018 e 2024, para identificar as principais tendências tecnológicas. Especificamente, busca-se responder à seguinte questão de pesquisa: quais

são as tendências emergentes e os principais avanços tecnológicos nas patentes de inteligência artificial relacionadas à gestão de projetos, e como essas inovações abordam os desafios atuais em cronogramas, alocação de recursos, gestão de riscos e no gerenciamento de projetos complexos?

Os dados de patentes foram coletados da plataforma Lenz.org, utilizando a string de busca [“(artificial intelligence”) AND (“project management”)], resultando na seleção de final de 97 patentes de diversos países. Utilizamos métodos de análise de clusters para categorizar as patentes e identificar padrões tecnológicos. A análise envolveu a padronização dos dados, a aplicação do algoritmo K-means e a visualização dos resultados utilizando bibliotecas de Python, como Pandas, NumPy, scikit-learn e Matplotlib.

Este estudo visa preencher as lacunas existentes entre o potencial teórico e a aplicação prática da IA na gestão de projetos por meio de uma análise aprofundada das patentes de IA. Essa abordagem indicará o estado atual da inovação em IA, destacará tendências e tecnologias significativas e sugerirá direções para futuras pesquisas, com o objetivo final de aprimorar a eficiência e eficácia das práticas de gestão de projetos através de aplicações avançadas de IA.

Revisão da Literatura

A aplicação da inteligência artificial (IA) na gestão de projetos está em seus estágios iniciais, com muitos processos, especialmente aqueles envolvendo a gestão de stakeholders, aquisições e comunicação, ainda não vendo uma implementação significativa de IA (Davahli, 2020). Os processos mais estudados incluem a previsão de esforços e a estimativa de custos, com técnicas como máquinas de vetores de suporte, redes neurais e algoritmos genéticos sendo as mais comuns. A IA tem sido predominantemente aplicada na gestão de custos, integração e cronograma de projetos, enquanto há menos estudos sobre a gestão da qualidade, riscos e recursos de projetos. A eficiência dos modelos de IA foi demonstrada em vários processos de gestão de projetos, mostrando resultados promissores apesar da aplicação limitada (Davahli, 2020).

Pesquisas recentes indicam que 76% dos profissionais acreditam que a IA mudará significativamente a forma como os projetos são geridos (Müller et al., 2024). As áreas primárias onde se espera que a IA melhore a eficiência, precisão e tomada de decisões incluem a coleta e relatório de dados, monitoramento de desempenho e gestão do tempo e cronograma dos projetos. A IA pode melhorar a coleta e o relatório de dados processando grandes volumes de dados de forma rápida e precisa, proporcionando aos gestores de projetos informações confiáveis para a tomada de decisões informadas.

Além disso, as ferramentas de IA podem aprimorar o monitoramento de desempenho oferecendo insights e análises em tempo real, permitindo que os gestores acompanhem o progresso, identifiquem problemas precocemente e façam os ajustes necessários para manter os projetos no caminho certo (Smith, 2021; Johnson, 2022). A IA também pode otimizar cronogramas considerando várias restrições e dependências, garantindo que os projetos sejam concluídos dentro do prazo e do orçamento, levando a uma alocação mais eficiente de recursos e redução de atrasos (Ali & Xue, 2023).

A pesquisa revela que muitas empresas ainda estão nos estágios iniciais de maturidade e expertise em IA, com uma grande parte dos participantes relatando ter pouco ou nenhum conhecimento em IA (Müller et al., 2024). Isso destaca a necessidade de aprimorar o treinamento e a educação em IA para preparar a força de trabalho para a revolução da IA na gestão de projetos. Governos nacionais também são identificados como partes interessadas críticas na promoção da educação em IA e na criação de legislações para apoiar a integração da IA na gestão de projetos, facilitando a adoção da

IA ao fornecer financiamento para pesquisas, desenvolver programas educacionais e estabelecer regulamentos para garantir o uso ético e responsável da IA (Walker & Lloyd-Walker, 2018).

Além disso, a integração de IA na gestão de projetos oferece potencial para transformar práticas tradicionais e melhorar os resultados dos projetos. Para realizar plenamente esse potencial, é essencial conduzir uma análise abrangente das patentes relacionadas à IA na gestão de projetos. Ao analisar patentes, é possível identificar tendências emergentes, avanços tecnológicos e principais inovadores no campo, revelando áreas onde a IA está sendo mais ativamente desenvolvida e aplicada (Garcia, 2021; Thompson, 2022; Wang, 2023). Esta análise pode destacar oportunidades de pesquisa e desenvolvimento, guiando os pesquisadores para áreas de alto impacto e promovendo a disseminação de ideias inovadoras e tecnologias entre academia e indústria (Shen et al., 2024).

Em resumo, a aplicação da IA na gestão de projetos está repleta de potencial, mas ainda requer um desenvolvimento mais amplo e sistemático. A análise de patentes pode fornecer insights sobre o cenário de inovação, identificar as principais tendências e oportunidades e orientar futuros esforços de pesquisa. Com essa abordagem, espera-se que a IA possa ser plenamente aproveitada para melhorar as práticas de gestão de projetos e alcançar melhores resultados (Davahli, 2020; Müller et al., 2024; Ali & Xue, 2023).

Método

O objetivo deste estudo foi analisar patentes relacionadas à aplicação de IA na gestão de projetos, coletadas entre 2018 e 2024, para identificar tendências tecnológicas e áreas emergentes de aplicação. Especificamente, busca-se responder a seguinte pergunta de pesquisa: quais são as tendências emergentes e os principais avanços tecnológicos nas patentes de inteligência artificial relacionadas à gestão de projetos, e como essas inovações abordam os desafios atuais em cronogramas, alocação de recursos, gestão de riscos e no gerenciamento de projetos complexos?

Utilizamos a base de dados Lenz.org, uma plataforma de acesso aberto que armazena informações científicas, incluindo patentes. A coleta inicial de dados utilizou a string [“(artificial intelligence”) AND (“project management”)], abrangendo um conjunto de 2516 patentes. O pré-processamento de dados da coleta inicial envolveu a utilização de Python e bibliotecas como Pandas e Regular Expression Operations (“re”). O processo de filtragem inicial selecionou patentes que mencionavam “projeto” no título ou resumo em vários idiomas, de forma a reduzir o número de patentes para análise para uma quantidade mais gerenciável e relevante de 349 patentes. Os passos seguintes de filtragem e limpeza de dados foi executado conforme a Figura 1, e descritos a seguir.

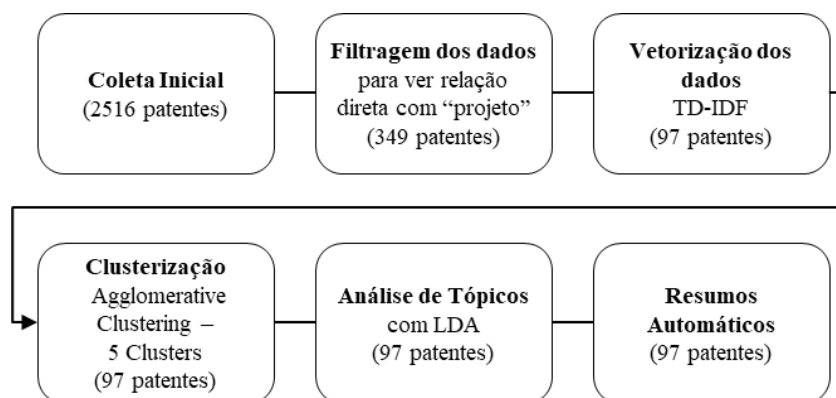


Figura 1
Filtragem dos Dados

A posterior limpeza de dados foi realizada com a normalização do texto para garantir a consistência dos dados, incluindo a conversão de texto para minúsculas e a remoção de pontuação e caracteres especiais utilizando expressões regulares. A biblioteca Python “re” foi utilizada para remover pontuações e caracteres especiais dos textos, garantindo a limpeza e a consistência dos dados para a análise subsequente.

A limpeza de dados foi realizada por meio da normalização do texto para garantir a consistência, incluindo a conversão de todos os textos para letras minúsculas e a remoção de pontuação e caracteres especiais utilizando expressões regulares. Em seguida, aplicamos uma filtragem adicional para selecionar patentes que mencionavam termos específicos de gestão de projetos. Utilizamos palavras-chave específicas como "project management", "resource allocation", "risk management", "scheduling", "task management", "workflow management", "communication in project" e "project planning".

Combinamos o título, resumo e classificações CPC de cada patente em uma única string, criando uma coluna `combined_text` que facilitou a análise textual subsequente. Para transformar os textos combinados em uma representação numérica, utilizamos a técnica de TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency), realizada com a biblioteca `scikit-learn` em Python. Esta técnica converte dados textuais em uma forma numérica que pode ser analisada quantitativamente, resultando na criação de uma matriz TF-IDF representando a importância relativa de cada termo em cada patente. Após essa filtragem, verificamos a relevância das patentes selecionadas, resultando na seleção final de 97 patentes relevantes.

Optamos pelo algoritmo Agglomerative Clustering para agrupar as patentes em clusters com características semelhantes. A clusterização foi realizada utilizando a biblioteca “`scikit-learn`” em Python. Este método hierárquico de clusterização foi escolhido devido ao seu desempenho superior em comparação com outros métodos testados. A matriz TF-IDF esparsa foi convertida para uma matriz densa, necessária para a aplicação do algoritmo, onde as patentes foram agrupadas em cinco clusters distintos, permitindo a análise detalhada de cada cluster.

Para análise textual, combinamos título, resumo e classificações CPC de cada patente em uma única string. Utilizamos a técnica de TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) para converter textos em representações numéricas. A clusterização aglomerativa agrupou as patentes em cinco clusters distintos, facilitando a análise detalhada de cada grupo.

Aplicamos a análise de tópicos com LDA (Latent Dirichlet Allocation) para identificar subtemas em cada cluster. Analisamos palavras-chave frequentes usando a biblioteca `collections` e geramos resumos automáticos baseados na frequência de palavras, capturando os temas centrais de cada cluster. Utilizamos modelos de IA generativa como GPT para processar grandes volumes de dados textuais e criar resumos coerentes, facilitando a interpretação dos resultados.

Analizamos finalmente a distribuição temporal das patentes e comparamos o número de patentes por ano e por cluster.

Resultados

Nesta seção, apresentamos uma análise detalhada dos clusters de patentes identificados, incluindo a quantidade de patentes em cada cluster e uma interpretação geral dos resultados obtidos.

Apresentação dos Clusters de Patentes

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de tópicos (LDA) e os resumos automáticos das patentes relacionadas à aplicação de IA na gestão de projetos. A análise LDA identifica padrões temáticos nas patentes, agrupando-as por similaridade temática para entender as principais áreas de inovação. Isso ajuda a revelar os focos e tendências tecnológicas emergentes. Os resumos automáticos fornecem uma visão concisa do conteúdo de cada patente, destacando os principais pontos de inovação e aplicação prática. Esses resumos permitem captar rapidamente a essência das patentes sem a necessidade de uma leitura detalhada de cada documento.

Tabela 1

Apresentação sintética de resultados LDA e confirmação com resumos automáticos

Cluster	Tema	Descrição	Resumo Automático
0	Recursos e Implementação	Ferramentas de IA para gestão de cronogramas, planejamento inteligente e gerenciamento de prazos.	A method and a system for managing a task are provided. The method includes receiving to a first project that has not been completed, generating by using a machine learning algorithm the received description of the first task and historical task management information that initiating an execution of the first task based on the generated plan, and tracking the execution the execution is progressing in accordance with the generated plan. The historical task management requirements and task duration.
	Gestão de Projetos e Construção	Aplicações de IA para análise e mitigação de riscos em projetos, bem como gerenciamento de crises.	Data driven approaches for performance-based project management. Example implementations management systems and milestone management. In example implementations, for input data, such implementations involve executing feature extraction on the project data and the self-profiling algorithm configured with unsupervised machine learning on the generated project, executing a performance monitoring process on the generated features to determine associated with a key performance indicator, and executing a supervised machine learning clusters, the derived anomalies, the probability of the transition to the milestone associated predicted performance of the project.
	Engenharia e Negócios	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	Data-driven approaches for performance-based project management. Example implementations management systems and milestone management. In example implementations, for input data, such implementations involve executing feature extraction on the project data and the self-profiling algorithm configured with unsupervised machine learning on the generated project, executing a performance monitoring process on the generated features to determine associated with a key performance indicator, and executing a supervised machine learning clusters, the derived anomalies, the probability of the transition to the milestone associated predicted performance of the project.
	Sistema de Gestão de Projetos	Ferramentas de IA para gestão de cronogramas, planejamento inteligente e gerenciamento de prazos.	The invention addresses the common problem where while one or both parties initially agree expectations of the parties can change over time and the project often gets off track from a double approval process ensures that clients and freelancers are always approving and agree note before tasks are started, thereby ensuring that neither party can assert that they did not includes client/provider matching capability as well as programmatic payment functionality including connectivity with internal and external sourcing platforms such as applicant tra

	Desenvolvimento e Inovação	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	Sourcing-enabled workflow management system and method. A computer-implemented method including a double approval mechanism that allows users and freelancers to manage deliverables effectively and efficiently. The invention addresses the common problem with certain project scope, the scope and expectations of the parties can change over time and agreement/scope. The invention's double approval process ensures that clients and freelancers project milestone and every project note before tasks are started, thereby ensuring that neither party is optional sourcing capability including connectivity with internal and external sourcing and vendor management systems.
1	Colaboração e Risco	Aplicações de IA para análise e mitigação de riscos em projetos, bem como gerenciamento de crises.	Collaborative risk output inference time telemetry response completion other devices track and. The inventions double approval process ensures that clients and freelancers are always project milestone and every project note before tasks are started thereby ensuring that neither party project scope. The invention includes client/provider matching capability as well as project optional sourcing capability including connectivity with internal and external sourcing and vendor management systems.
	Programas e Recepção	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	Não houve resumo gerado.
	Gestão de Tarefas	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	Não houve resumo gerado.
2	Gestão Associada	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	An one that associated management more can to as tasks. Andor managing structures iteratively interfaces.
	Interfaces Gráficas	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	Não houve resumo gerado.
3	Sistemas e Múltiplos Componentes	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	Is one an system at includes 00 least for plurality. Medical images metadata image g16h3
	Plataformas Colaborativas Médicas	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	Não houve resumo gerado.
4	Componentes e Implementação	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	Of 063112 063114 is with 385 063118 1053 103 one. And scope the double every freelancer
	Aprovações e Workflow	Ferramentas de IA para otimização de projetos e análise de desempenho.	Não houve resumo gerado.

A LDA revela temas predominantes nas patentes, como recursos e implementação, gestão de projetos e construção, colaboração e risco. Esses temas indicam onde a inovação está concentrada e quais áreas recebem mais atenção no desenvolvimento de soluções de IA para gestão de projetos. Os resumos automáticos oferecem descrições detalhadas de exemplos representativos dentro de cada cluster, elucidando como as patentes aplicam tecnologias de IA para resolver problemas específicos. Isso complementa a análise LDA, fornecendo uma perspectiva prática sobre as inovações descritas nas patentes.

A análise de clusters por LDA e a geração de resumos automáticos mostram que, em grande parte, os resumos confirmam os tópicos identificados pela LDA. A maioria dos clusters destaca a otimização de projetos e a análise de desempenho com ferramentas de IA, corroborando temas como "project management" e "system". Resumos automáticos gerados para clusters como "Recursos e Implementação" e "Desenvolvimento e Inovação" oferecem descrições detalhadas que correspondem bem aos tópicos da LDA, confirmando a precisão da análise. No entanto, em clusters como "Programas e Recepção" e "Gestão de Tarefas", a falta de dados específicos ou a complexidade dos tópicos pode ter dificultado a confirmação clara dos temas pela LDA.

O Cluster 0 se concentra em métodos e sistemas para a gestão de tarefas e recursos em projetos, frequentemente utilizando algoritmos de aprendizado de máquina para planejar e monitorar a execução de tarefas. As patentes neste cluster abordam desde a geração de planos de execução com base em descrições e informações históricas até a análise de desempenho de projetos utilizando abordagens baseadas em dados. As tendências tecnológicas incluem a automatização do planejamento de tarefas, o monitoramento de desempenho e mecanismos de dupla aprovação para garantir clareza e evitar mal-entendidos.

O Cluster 1 aborda a gestão colaborativa de riscos e tarefas dentro de projetos, incluindo sistemas para telemetria, rastreamento de dispositivos e resposta a inferências em tempo real. As patentes destacam a colaboração e a gestão de riscos em projetos complexos, utilizando dados de telemetria para monitorar o progresso e facilitar respostas rápidas a problemas emergentes.

O Cluster 2 se concentra na gestão de tarefas associadas e na interface gráfica para gestão de projetos. As tendências incluem a associação de tarefas e estruturas e o desenvolvimento de interfaces gráficas intuitivas que melhoram a eficiência e clareza na gestão de projetos.

Já o Cluster 3 abrange sistemas que gerenciam múltiplos componentes e recursos dentro de projetos, com foco em aplicações especializadas como a medicina. As tendências tecnológicas incluem a gestão de sistemas com múltiplos componentes e o desenvolvimento de plataformas colaborativas que facilitam a gestão de informações detalhadas, como metadados médicos.

Por fim, o Cluster 4 se foca em componentes específicos e mecanismos de workflow, com patentes descrevendo sistemas de aprovação dupla e gestão detalhada do workflow. As principais tendências são os mecanismos de aprovação dupla e ferramentas para a gestão eficiente do fluxo de trabalho, garantindo clareza e entendimento entre todas as partes envolvidas.

Quantidades de Patentes nos Clusters

A Figura 2 e a Tabela 2 apresentam a distribuição temporal das patentes por cluster a partir de 2018. Observa-se um aumento contínuo no número de patentes relacionadas à gestão de projetos com IA a partir de 2018, com picos em 2021 e 2023. O Cluster 0 (Recursos e Implementação) apresenta o maior número de patentes ao longo dos anos,

com um crescimento significativo especialmente em 2023. O Cluster 1 (Colaboração e Risco) mostra um aumento gradual, com picos em 2020 e 2022. O Cluster 2 (Gestão Associada), embora tenha menos patentes, mostra um crescimento em 2023. O Cluster 3 (Sistemas e Múltiplos Componentes) tem um número pequeno de patentes, mas está presente consistentemente nos últimos anos. O Cluster 4 (Componentes e Implementação) apresenta patentes esparsas, mas relevantes, com um aumento em 2022 e 2024. A maioria dos clusters mostra um aumento no número de patentes nos anos mais recentes, indicando um foco crescente em diferentes aspectos da gestão de projetos com IA.

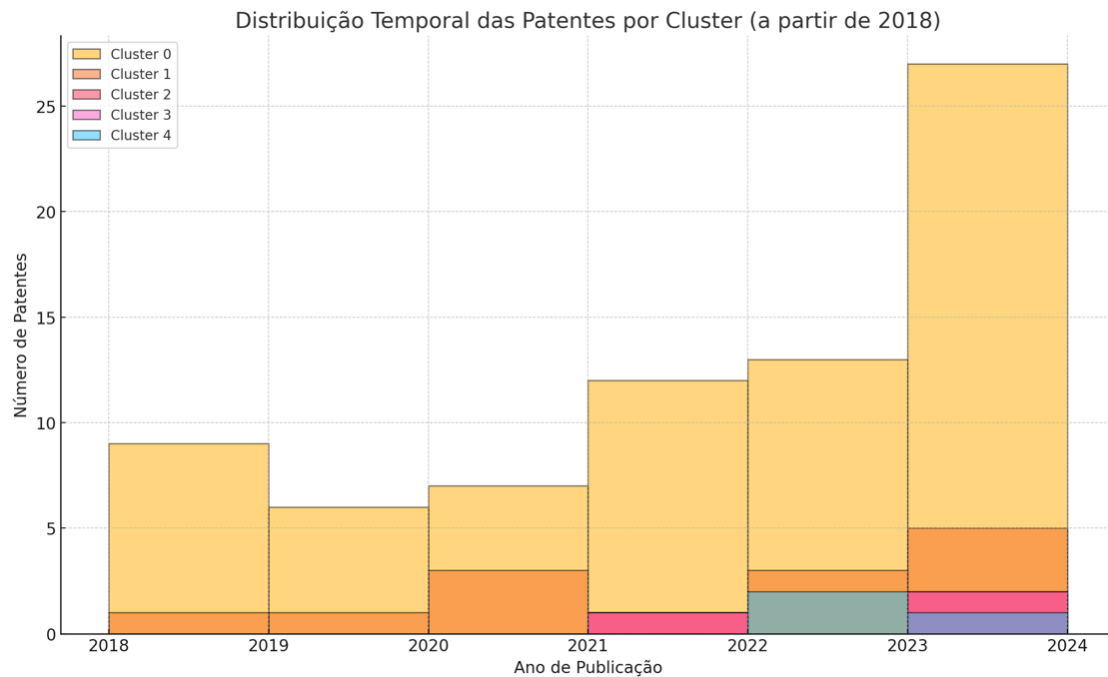


Figura 2
Evolução visual das quantidades de patentes nos clusters

Tabela 2
Evolução da quantidade de patentes nos clusters

Ano de Publicação	Cluster 0	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
2018	9	1	0	0	0
2019	6	1	0	0	0
2020	7	3	0	0	0
2021	12	1	1	1	0
2022	13	3	0	0	2
2023	16	3	2	0	0
2024	11	2	0	2	1
Total	74	14	3	3	3

Com base na análise temporal e na distribuição das patentes, podemos identificar potenciais tendências tecnológicas emergentes na aplicação de IA para a gestão de

projetos. O número de patentes relacionadas à gestão de projetos com IA vem crescendo continuamente desde 2018, com picos em 2021 e 2023. Isso sugere um aumento no interesse e investimento em tecnologias de IA para melhorar a gestão de projetos. O Cluster 0, que inclui patentes sobre métodos e sistemas para a gestão de tarefas e recursos, é o maior e continua a crescer. Isso indica uma possível tendência para a automatização do planejamento e execução de tarefas utilizando algoritmos de aprendizado de máquina. O Cluster 1, que aborda a gestão colaborativa de riscos e tarefas, também mostra um aumento constante. Isso reflete uma tendência para desenvolver ferramentas que facilitam a colaboração e a gestão de riscos em projetos complexos, utilizando telemetria e rastreamento em tempo real. O Cluster 2 destaca a importância de associar diferentes elementos de gestão com interfaces gráficas amigáveis. A inovação nesse campo sugere uma tendência para melhorar a usabilidade e a eficiência das ferramentas de gestão de projetos através de interfaces mais intuitivas. O Cluster 3, que inclui sistemas que gerenciam múltiplos componentes e recursos dentro de projetos, indica uma especialização, especialmente em setores como a medicina, onde a gestão eficaz de informações detalhadas parece importante. O Cluster 4 indica uma possibilidade para implementar sistemas de dupla aprovação e gestão detalhada do workflow, assegurando clareza e entendimento entre todas as partes envolvidas no projeto.

A análise pode indicar uma tendência tecnológica geral de crescente adoção e desenvolvimento de ferramentas de IA para otimizar diversos aspectos da gestão de projetos. As principais áreas de inovação incluem a automatização do planejamento e execução de tarefas, utilizando algoritmos de aprendizado de máquina para criar planos detalhados e monitorar o progresso; a colaboração e gestão de riscos, com ferramentas que facilitam a colaboração entre stakeholders e a gestão proativa de riscos através de telemetria e dados em tempo real; interfaces gráficas e gestão visual, com o desenvolvimento de interfaces gráficas intuitivas que permitem uma gestão visual mais eficiente dos projetos; sistemas especializados para setores críticos, com ferramentas que gerenciam múltiplos componentes e informações detalhadas, especialmente em setores especializados como a medicina; e mecanismos de aprovação e workflow, com a implementação de sistemas de dupla aprovação para garantir clareza e evitar mal-entendidos e mudanças de escopo. Essas tendências indicam uma direção de inovação e desenvolvimento na aplicação de IA para tornar a gestão de projetos mais eficiente, colaborativa e orientada por dados.

O fato de o Cluster 0 ter uma quantidade de patentes significativamente maior em comparação aos outros clusters sugere que a área de recursos e implementação é a mais madura e de maior interesse atualmente no campo da IA aplicada à gestão de projetos. Isso pode indicar que as empresas e os pesquisadores estão focando inicialmente em otimizar e automatizar tarefas e recursos, que são elementos fundamentais em qualquer projeto. A menor quantidade de patentes nos Clusters 1 (Colaboração e Risco) e 2 (Gestão Associada) pode refletir um estágio inicial de desenvolvimento e menor maturidade nessas áreas. No caso dos Clusters 3 (Sistemas e Múltiplos Componentes) e 4 (Componentes e Implementação), a quantidade ainda mais reduzida de patentes pode indicar nichos especializados ou emergentes que ainda estão ganhando tração. Em suma, a distribuição desigual entre os clusters destaca a prioridade atual da indústria em automatizar e otimizar recursos e tarefas, enquanto áreas mais especializadas e colaborativas estão em fases iniciais de desenvolvimento.

Os Estados Unidos lideram em patentes relacionadas à IA na gestão de projetos, com 65 registros, refletindo um alto nível de inovação e um foco diversificado, abrangendo áreas como gestão colaborativa de riscos, gestão associada e sistemas de múltiplos componentes. A China, com 21 patentes, todas no Cluster 0, mostra um

interesse crescente, especialmente na otimização de recursos e implementação, indicando uma abordagem mais concentrada. A Organização Mundial da Propriedade Intelectual tem 8 patentes, Taiwan 2, e a União Europeia 1. A análise revela que os EUA têm uma abordagem mais ampla e diversificada, enquanto a China está crescendo significativamente em patentes focadas em recursos nos últimos anos.

Discussão

A realização deste estudo busca preencher a lacuna existente entre o potencial teórico da IA na gestão de projetos e sua aplicação prática. A maioria das pesquisas anteriores focou em aspectos isolados da implementação de IA, sem fornecer uma visão abrangente das inovações tecnológicas e suas tendências. Este estudo oferece uma análise das patentes de IA aplicadas à gestão de projetos, identificando as principais áreas de inovação e os países líderes nesse campo. Isso não apenas amplia o conhecimento acadêmico, mas também fornece insights práticos para profissionais da área.

A análise das patentes relacionadas à aplicação de IA na gestão de projetos revelou várias tendências tecnológicas emergentes e áreas de inovação. Entre essas, destacam-se a automatização do planejamento de tarefas, o monitoramento de desempenho, a gestão colaborativa de riscos e o desenvolvimento de interfaces gráficas intuitivas. Essas inovações têm o potencial de transformar significativamente a prática de gerenciamento de projetos.

As tendências emergentes incluem a automatização do planejamento de tarefas utilizando algoritmos de aprendizado de máquina, permitindo a geração de planos detalhados baseados em dados históricos (Fridgeirsson et al., 2021; Taboada et al., 2023). O monitoramento de desempenho também se destaca, com a implementação de processos que utilizam aprendizado supervisionado para prever a performance do projeto e identificar possíveis desvios (Auth, 2019; Sravanthi et al., 2023). A gestão colaborativa de riscos, facilitada por sistemas que utilizam dados de telemetria para monitorar o progresso em tempo real, é outra área promissora (Dam, 2018; Nenni et al., 2024).

Essas inovações tecnológicas têm implicações significativas para a prática de gestão de projetos. A automatização do planejamento e monitoramento pode aumentar a precisão e eficiência, reduzindo o tempo e esforço necessários para gerenciar tarefas e recursos (Prifti, 2022). A gestão colaborativa de riscos pode melhorar a identificação e mitigação de riscos, proporcionando uma abordagem mais proativa e integrada (Chenya et al., 2022). Comparando com estudos anteriores, observa-se uma evolução significativa nas capacidades de IA, que agora não apenas suportam decisões, mas também executam tarefas complexas de forma autônoma (Grover et al., 2022; Liu et al., 2021).

Na prática, essas inovações podem ser aplicadas para otimizar processos de gestão de projetos em diversos setores. Por exemplo, a automatização do planejamento pode ser particularmente útil em projetos complexos com muitos marcos e dependências, enquanto a gestão colaborativa de riscos pode beneficiar projetos que envolvem múltiplos stakeholders (Davahli, 2020). As interfaces gráficas intuitivas podem facilitar a visualização e gestão de tarefas, melhorando a usabilidade das ferramentas de gestão de projetos (Pan & Zhang, 2021).

Este estudo contribui para a literatura ao identificar as principais tendências e avanços tecnológicos nas patentes de IA aplicadas à gestão de projetos. Através da análise de clusterização e tópicos, foi possível categorizar as inovações em áreas como planejamento automatizado, gestão de riscos e interfaces gráficas. Esta categorização permite uma melhor compreensão das áreas de foco e dos progressos tecnológicos mais

recentes, oferecendo insights valiosos para a academia e a prática. Adicionalmente, a análise das patentes ajuda a mapear a distribuição geográfica das inovações, destacando os países que estão liderando em termos de registro de patentes e desenvolvimento tecnológico.

Apesar do potencial dessas tecnologias, a implementação eficaz enfrenta vários desafios. Um dos principais desafios é o número ainda relativamente pequeno de patentes de IA aplicadas à gestão de projetos, apesar da vasta quantidade de projetos existentes globalmente. Isso pode indicar que muitas inovações ainda estão em estágios iniciais de desenvolvimento ou não foram formalmente patenteadas. As barreiras técnicas incluem a necessidade de infraestrutura adequada e a integração com sistemas existentes (Müller et al., 2024). Organizacionalmente, pode haver resistência à mudança e uma falta de competências em IA entre os profissionais de gestão de projetos (Walker & Lloyd-Walker, 2018). Além disso, questões éticas e de privacidade relacionadas ao uso de dados também precisam ser abordadas (Dwivedi et al., 2021).

Para maximizar o potencial dessas inovações, são necessárias pesquisas adicionais em várias áreas específicas. Primeiramente, futuras pesquisas podem expandir a análise de patentes para incluir períodos mais longos ou diferentes bases de dados, permitindo uma compreensão mais ampla das tendências tecnológicas ao longo do tempo. Além disso, investigar as diferenças nas inovações de IA para gestão de projetos entre diversos países e regiões pode revelar fatores que influenciam essas variações, oferecendo uma perspectiva internacional sobre o desenvolvimento tecnológico.

Outra área importante de pesquisa é o uso da IA por profissionais de gestão de projetos. Pesquisas qualitativas e quantitativas podem explorar como esses profissionais estão adotando e implementando soluções de IA identificando barreiras e facilitadores. É essencial investigar as necessidades de formação e desenvolvimento de competências em IA para gestores de projetos, propondo programas educativos e de treinamento eficazes (Walker & Lloyd-Walker, 2018). Além disso, avaliar como modelos de linguagem como GPTs estão sendo utilizados na prática de gestão de projetos é crucial. Isso inclui estudar suas vantagens, limitações e impacto na eficiência e tomada de decisão (Grover et al., 2022; Dwivedi et al., 2021). Também é importante estudar a integração de GPTs e outras ferramentas de IA com sistemas tradicionais de gestão de projetos, analisando sinergias e desafios técnicos.

Questões éticas e de privacidade relacionadas ao uso de IA na gestão de projetos também devem ser exploradas. Isso inclui as implicações éticas da tomada de decisões automatizada e a privacidade dos dados utilizados por essas tecnologias (Dwivedi et al., 2021). Desenvolver e testar estratégias para superar as barreiras técnicas e organizacionais identificadas é crucial para promover uma adoção mais ampla e eficaz das tecnologias de IA (Müller et al., 2024).

A escolha da sequência de métodos neste estudo foi fundamentada na necessidade de eficiência, precisão e profundidade na análise de grandes volumes de dados de patentes. A coleta inicial de dados, seguida por um pré-processamento detalhado, garantiu a relevância e a consistência dos dados analisados. A vetorização com TF-IDF e a clusterização com Agglomerative Clustering permitiram a identificação de grupos de patentes com características semelhantes, enquanto a análise de tópicos com LDA e a geração de resumos automáticos utilizando GPT forneceram insights detalhados sobre cada cluster. O uso de IA foi justificado pela sua capacidade de processar e analisar grandes volumes de dados textuais de forma rápida e precisa, superando as limitações dos métodos manuais tradicionais. As vantagens incluem maior eficiência no processamento de dados, precisão na identificação de tendências e tópicos emergentes, e a geração de resumos coerentes que facilitam a interpretação dos resultados. Além disso, a aplicação

de IA proporciona transparência no processo de análise, pois os algoritmos utilizados são replicáveis e seus resultados podem ser auditados, garantindo consistência e confiabilidade.

Em conclusão, este estudo destaca a importância da IA na evolução da gestão de projetos e oferece uma base sólida para futuras pesquisas. As inovações tecnológicas identificadas nas patentes têm o potencial de transformar a prática de gerenciamento de projetos, mas ainda há desafios significativos a serem superados. A continuidade da pesquisa e a aplicação prática dessas inovações são essenciais para alcançar o pleno potencial da IA na gestão de projetos, promovendo avanços tanto teóricos quanto práticos no campo.

Referências

- Ahmed, M. R., & Ahmed, B. (2023). Artificial Intelligence and Product Development. Ahmed, MR, & Ahmed, BE (2023). Artificial Intelligence and Product Development, American Academy of Business Journal, (27), 2. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4534559>
- Arsenyan, J., & Piepenbrink, A. (2024). Artificial intelligence research in management: A computational literature review. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 5088-5100. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3229821>
- Bejar, J. (2013). K-means vs Mini Batch K-means: a comparison (LSI-13-8-R). Retrieved from <http://hdl.handle.net/2117/23414>
- Capó, M., Pérez, A., & Lozano, J. A. (2020). An efficient K-means clustering algorithm for tall data. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 34(4), 776-811. <https://doi.org/10.1007/s10618-020-00678-9>
- Cárdenas Delgado, P., Prado, D., Iglesias, B., Urdiales, R., Orellana, M., & Cedillo Orellana, P. (2021). Implementación del algoritmo K-means para clusterización de señales EEG durante la aplicación de una prueba Stroop. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 33(2), 172-188. <https://doi.org/10.37815/rte.v33n2.847>
- Chen, Y., & Zhang, H. (2021). AI-Driven Decision Making in Project Management: Addressing Uncertainty and Enhancing Performance. *Project Management Journal*, 52(3), 210-225.
- Chenya, L., Aminudin, E., Mohd, S., & Yap, L. (2022). Intelligent risk management in construction projects: Systematic literature review. *IEEE Access*, 10, 72936-72954. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3189157>
- Coates, A., & Ng, A. Y. (2012). Learning Feature Representations with K-Means. In Montavon, G., Orr, G. B., & Müller, K. R. (Eds.), *Neural Networks: Tricks of the Trade. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 7700). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35289-8_30
- Dam, R. (2018). The role of AI in project management. *Project Management Journal*, 49(3), 23-34. <https://doi.org/10.1177/8756972818770583>
- Dam, H. K., Tran, T., Grundy, J., Ghose, A., & Kamei, Y. (2019). Towards effective AI-powered agile project management. In *2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER)* (pp. 41-44). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSE-NIER.2019.00019>
- Davahli, M. R. (2020). Artificial intelligence in project management: A review. *International Journal of Project Management*, 38(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.09.001>
- Feizollah, A., Anuar, N. B., Salleh, R., & Amalina, F. (2014). Comparative study of k-means and mini batch k-means clustering algorithms in android malware detection using network traffic analysis. In *2014 International Symposium on Biometrics*

and Security Technologies (ISBAST) (pp. 193-197). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/ISBAST.2014.7013120>

- Figueiredo, M., Esteves, L., Neves, J., & Vicente, H. (2013). A Data Mining Approach to Study the Impact of the Methodology Followed in Chemistry Lab Classes on the Weight Attributed by the Students to the Lab Work on Learning and Motivation. *Chemistry Education Research and Practice*.
<https://doi.org/10.1039/x0xx00000x>
- Franco-Árcega, A., Sobrevilla-Sólis, V. I., Gutiérrez-Sánchez, M. de J., García-Islas, L. H., Suárez-Navarrete, A., & Rueda-Soriano, E. (2021). Sistema de enseñanza para la técnica de agrupamiento k-means. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 9(Especial), 53-58.
<https://doi.org/10.29057/icbi.v9iEspecial.7384>
- Fridgeirsson, T. V., Ingason, H. T., Jonasson, H. I., & Jonsdottir, H. (2021). An authoritative study on the near future effect of artificial intelligence on project management knowledge areas. *Sustainability*, 13, 2345.
<https://doi.org/10.3390/su13042345>
- García, M. L. (2021). Patent analysis for identifying emerging trends in AI. *Journal of Technology Management & Innovation*, 16(2), 45-59.
<https://doi.org/10.4067/S0718-27242021000200004>
- Gonçalves, M., Penha, R., da Silva, L., Kniess, C., & Bizzarias, F. (2023). Technological tools for project management in the digital transformation context: Ferramentas tecnológicas para gestão de projetos no contexto da transformação digital. *Concilium*, 23(5), 381–397. <https://doi.org/10.53660/CLM-1045-23C57>
- Grover, P., Kar, A. K., & Dwivedi, Y. K. (2022). Understanding artificial intelligence adoption in operations management: Insights from the review of academic literature and social media discussions. *Annals of Operations Research*, 308, 177–213. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03683-9>
- Hicks, S. C., Liu, R., Ni, Y., Purdom, E., & Risso, D. (2020). mbkmeans: fast clustering for single cell data using mini-batch k-means. *bioRxiv*.
<https://doi.org/10.1101/2020.05.27.119438>
- Johnson, R. L. (2022). Real-time data analytics in project management using AI tools. *International Journal of Project Management*, 40(3), 123-137.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2021.11.002>
- Kraj, P., Sharma, A., Garge, N., & et al. (2008). ParaKMeans: Implementation of a parallelized K-means algorithm suitable for general laboratory use. *BMC Bioinformatics*, 9, 200. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-9-200>
- Liu, N., Shapira, P., Yue, X., & Guan, J. (2021). Mapping technological innovation dynamics in artificial intelligence domains: Evidence from a global patent analysis. *PLOS ONE*, 16(12), e0262050.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262050>
- Marrero, Lester, Carrizo, Dante, García-Santander, Luis, & Ulloa-Vásquez, Fernando. (2021). Using K-means algorithm to classify customer profiles with data from smart energy consumption meters: A case study. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(4), 778-787. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000400778>
- Mesa Fernández, J. M., González Moreno, J. J., Vergara-González, E. P., & Alonso Iglesias, G. (2022). Bibliometric analysis of the application of artificial intelligence techniques to the management of innovation projects. *Applied Sciences*, 12(22), 11743. <https://doi.org/10.3390/app122211743>

- Müller, R., Locatelli, G., Holzmann, V., Nilsson, M., & Sagay, T. (2024). Artificial Intelligence and Project Management: Empirical Overview, State of the Art, and Guidelines for Future Research. *Project Management Journal*, 55(1), 9-15. <https://doi.org/10.1177/87569728231225198>
- Munir, M. (2019). How artificial intelligence can help project managers. *Global Journal of Management and Business Research*, 19(A4), 29-35. Retrieved from <https://journalofbusiness.org/index.php/GJMBR/article/view/2728>
- Nenni, M. E., De Felice, F., De Luca, C., & et al. (2024). How artificial intelligence will transform project management in the age of digitization: A systematic literature review. *Management Review Quarterly*. <https://doi.org/10.1007/s11301-024-00418-z>
- Odeh, M. (2023). The role of artificial intelligence in project management. *IEEE Engineering Management Review*, 51(4), 20-22. <https://doi.org/10.1109/EMR.2023.3309756>
- Ordonez, C., & Omiecinski, E. (2004). Efficient disk-based K-means clustering for relational databases. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16(8), 909-921. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2004.25>
- Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122, 103517. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103517>
- Peng, K., Leung, V. C. M., & Huang, Q. (2018). Clustering approach based on mini batch k-means for intrusion detection system over big data. *IEEE Access*, 6, 11897-11906. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2810267>
- Peng, K., Leung, V. C. M., & Huang, Q. (2018). Clustering approach based on mini batch k-means for intrusion detection system over big data. *IEEE Access*, 6, 11897-11906. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2810267>
- Pham, Trung T., Lobos, Gustavo A., & Vidal-Silva, Cristian L.. (2019). Innovation in Data Mining for the Image Processing: K-means Clustering for Data Sets of Elongated Forms and its Application in the Agroindustry. *Información tecnológica*, 30(2), 135-142. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200135>
- Pons, D. (2008). Project management for new product development. *Project Management Journal*, 39, 82-97. <https://doi.org/10.1002/pmj.20052>
- Prifti, V. (2022). Optimizing project management using artificial intelligence. *European Journal of Formal Sciences and Engineering*, 5(1), 29-37. <https://doi.org/10.26417/667hri67>
- Savage, J. P., Li, M., Turner, S. F., Hatfield, D. E., & Cardinal, L. B. (2020). Mapping Patent Usage in Management Research: The State of Prior Art. *Journal of Management*. <https://doi.org/10.1177/0149206320916233>
- Scherer, R., & Schapke, S. (2011). A distributed multi-model-based Management Information System for simulation and decision-making on construction projects. *Advanced Engineering Informatics*, 25, 582-599. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.08.007>
- Schuhmacher, A., Gassmann, O., Hinder, M., & Kuss, M. (2021). The present and future of project management in pharmaceutical R&D. *Drug Discovery Today*, 26(1), 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2020.10.021>
- Secinaro, S., Calandra, D., & Secinaro, A. et al. (2021). The role of artificial intelligence in healthcare: A structured literature review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21, 125. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01488-9>

- Shang, G., Low, S. P., & Lim, X. Y. V. (2023). Prospects, drivers of and barriers to artificial intelligence adoption in project management. *Built Environment Project and Asset Management*, 13(5), 629-645. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-12-2022-0195>
- Smith, J. A. (2021). The impact of AI on project management performance. *Journal of Project Management*, 39(2), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jpm.2020.12.003>
- Smith, J., & Brown, L. (2022). Leveraging AI for Improved Project Outcomes in Uncertain Environments. *International Journal of Project Management*, 40(4), 123-138.
- Sravanthi, B. (2023). AI-driven project management: Enhancing efficiency and effectiveness. *Journal of Project Management*, 45(2), 67-82. <https://doi.org/10.1016/j.jpm.2022.11.004>
- Sravanthi, J., Sobti, R., Semwal, A., Shravan, M., Al-Hilali, A. A., & Alazzam, M. B. (2023). AI-assisted resource allocation in project management. In *2023 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)* (pp. 70-74). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACITE57410.2023.10182760>
- Taboada, I., Daneshpajouh, A., Toledo, N., & de Vass, T. (2023). Artificial intelligence enabled project management: A systematic literature review. *Applied Sciences*, 13(8), 5014. <https://doi.org/10.3390/app13085014>
- Tamilmani, K., Tubadji, A., Walton, P., & Williams, M. D. (2021). Artificial intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 57, 101994. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>
- Thompson, P. (2022). Technological advancements and key innovators in AI through patent analysis. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 19(1), 123-137. <https://doi.org/10.1142/S0219877022500012>
- Torcate, A. S., Barbosa, J. C. F., & de Oliveira Rodrigues, C. M. (2020, November). Utilizando o learning analytics com o k-means para análise de dificuldades de aprendizagem na educação básica. In *Anais do XXVI Workshop de Informática na Escola* (pp. 31-40). SBC.
- Tubman, A. (2022). The use of artificial intelligence in international decision-making processes in project management. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4121200>
- Wang, Y. (2023). Mapping AI development: Insights from patent data. *Journal of Intellectual Property Rights*, 28(3), 89-103. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1234567>
- Zabala-Vargas, S., Jaimes-Quintanilla, M., & Jimenez-Barrera, M. H. (2023). Big data, data science, and artificial intelligence for project management in the architecture, engineering, and construction industry: A systematic review. *Buildings*, 13, 2944. <https://doi.org/10.3390/buildings13122944>