

Transformasi Proyek Melalui Keajaiban Kecerdasan Buatan: Mengeksplorasi Potensi AI Dalam Project Management

Sulartopo Sulartopo¹, Siti Kholifah², Danang Danang³, Joseph Teguh Santoso⁴

Universitas Sains Dan Teknologi Komputer

Abstract: *The aim of this research is to discuss the potential of applying AI to improve PM activities and how project managers can objectively comment on issues of responsibility in taking action, accountability in decision making and the still important need for human reasoning. In the context of project management, AI has introduced new methods and techniques that enable project managers to work more quickly and efficiently. However, the unique complexity of projects can become a bottleneck in automating complex activities. The novelty of this research lies in its focus on exploring potential applications of artificial intelligence in project management. This study captures and discusses state-of-the-art research regarding AI applications in PM, providing strong evidence to highlight the benefits of AI techniques in providing intelligent solutions by learning from previous data even with incompleteness and uncertainty in an automated, efficient and reliable manner. The method used in this research is a literature review on the application of artificial intelligence in project management. Related research in the project management domain was collected to prepare a database for review. Then, the current use of AI in real-time projects and enterprises is evaluated for a more in-depth analysis. The research results show that AI has the potential to significantly improve project management processes in developing planning phases, conducting project charters, and integrated change control. The potential application of AI to enhance PM activities can objectively comment on issues of responsibility in taking action, accountability in decision making, and the critical need for human reasoning. AI is anticipated to categorize, measure and forecast potential risks associated with project performance and their relevant impacts, to carry out reliable investigations and analysis in advance regarding broad aspects of project management.*

Keywords: *Artificial Intelligence, Project management, Machine Learning, Manajemen Resiko, Manajemen Konstruksi*

Abstract: Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membahas potensi penerapan AI untuk meningkatkan kegiatan PM dan bagaimana manajer proyek dapat secara objektif mengomentari masalah tanggung jawab dalam pengambilan tindakan, akuntabilitas dalam pengambilan keputusan dan masih merupakan kebutuhan penting akan penalaran manusia. Dalam konteks project management, AI telah menghadirkan metode dan teknik baru yang memungkinkan manajer proyek bekerja lebih cepat dan efisien. Namun, kompleksitas unik dalam proyek dapat menjadi hambatan dalam otomatisasi aktivitas yang kompleks. Kebaruan penelitian ini terletak pada fokusnya untuk mengeksplorasi aplikasi potensial kecerdasan buatan dalam manajemen proyek. Studi ini menangkap dan membahas penelitian mutakhir terkait aplikasi AI di PM, yang memberikan bukti kuat untuk menyoroti manfaat teknik AI dalam memberikan solusi cerdas dengan belajar dari data sebelumnya bahkan dengan ketidaklengkapan dan ketidakpastian dalam otomatis, cara yang efisien, dan dapat diandalkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian pustaka tentang aplikasi kecerdasan buatan dalam manajemen proyek. Penelitian terkait dalam domain manajemen proyek dikumpulkan untuk menyiapkan database untuk ditinjau. Kemudian, penggunaan AI saat ini dalam proyek dan perusahaan real-time dievaluasi untuk analisis yang lebih mendalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AI memiliki potensi untuk meningkatkan proses manajemen proyek secara signifikan dalam mengembangkan fase perencanaan, melakukan project charter, dan pengendalian perubahan yang terintegrasi. Potensi penerapan AI untuk meningkatkan aktivitas PM yang dapat secara objektif mengomentari masalah tanggung jawab dalam pengambilan tindakan, akuntabilitas dalam pengambilan keputusan, dan kebutuhan penting akan penalaran manusia. AI diantisipasi untuk mengkategorikan, mengukur, dan meramalkan potensi risiko yang terkait dengan kinerja proyek dan pengaruhnya yang relevan, untuk melakukan penyelidikan dan analisis yang andal sebelumnya mengenai aspek luas dari manajemen proyek.

Kata Kunci: Kecerdasan Buatan, Manajemen Proyek, Machine Learning, Manajemen Resiko, Manajemen Konstruksi

INTRODUCTION

Artificial Intelligence (AI) berfungsi sebagai "perancangan dan pembangunan agen cerdas yang menerima perintah dari lingkungan dan mengambil tindakan yang memaksimalkan

peluangnya untuk berhasil mencapai tujuannya" (Pearson, (2009). Dalam beberapa tahun terakhir, AI telah menjadi salah satu terobosan teknologi yang paling banyak dipelajari dan diperiksa, di mana alat AI telah membuka jalan ke aplikasi kehidupan nyata dengan kecepatan yang tak tertandingi. Penerapan perangkat lunak AI secara mengejutkan dimulai pada tahun 1987 (William, (1987). Namun, baru-baru ini telah mendapatkan minat yang luas di bidang manufaktur, produksi, operasi dan pengiriman (Forbes Magazine (2016). Memang, menurut dua ruang pemikiran project management online populer (Aston, (2019); Strasser, (2019)) penggunaan AI dan Machine learning baru-baru ini digambarkan sebagai salah satu tren teratas dalam project management. AI dapat membantu dalam memproyeksikan dan mengenali tren yang muncul yang dapat berkontribusi pada perencanaan yang lebih masuk akal serta memberikan iterasi berbasis data yang diperlukan untuk menganalisis berbagai pendekatan, konsekuensinya, dan garis waktu. Penanganan ketidakpastian dan kompleksitas sebagian besar merupakan tujuan utama dan kedua atribut ini memiliki pengaruh langsung pada kinerja proyek dan mencari solusi untuk menguranginya. Perubahan yang berkembang seperti itu mengarah ke transformasi yang luar biasa dalam sifat pekerjaan dan sebagai hasilnya, dalam sifat permintaan tenaga kerja potensial.

Tujuan project management (PM) dapat dinyatakan sebagai praktek dinamis yang diresapi dengan berbagai tantangan seperti perencanaan proyek yang tidak berkelanjutan yang melibatkan penyesuaian bakat, ketergantungan dan konflik dalam alokasi sumber daya, manajemen dan identifikasi sumber daya setiap potensi ancaman atau peluang selama pelaksanaan proyek, dan koordinasi antar proyek dan kegiatan. Ada diskusi yang lebih luas tentang apakah project management akan menjadi disiplin yang berbeda atau apakah akan diintegrasikan ke dalam praktik manajemen yang lebih luas (Arup, (2018). Terlepas dari kemungkinan bahwa teknologi yang sangat kompeten dapat menghilangkan lebih banyak pekerjaan, fondasi project management akan tetap memiliki kombinasi kepemimpinan manusia yang sangat diperlukan, integrasi spesialis, dan perilaku etis. Penggerak utama di balik tesis ini adalah menghadirkan AI sebagai sekutu potensial dalam mengubah PM sebagai fungsi mandiri dan mengangkatnya ke peringkat yang lebih tinggi di mana manajer proyek dan organisasi dapat memperoleh manfaat paling banyak. Pada gilirannya, pengalaman manajer proyek dapat ditingkatkan untuk mengatasi berbagai keadaan berbahaya yang cenderung terjadi selama proyek berlangsung sekaligus menghindari kesalahan yang disebabkan oleh manajemen atau perencanaan yang tidak memadai (ostantino et al., (2015).

Heukamp wt al., (2020) merumuskan sepuluh aspek di mana AI mengubah manajemen; selain itu, Noponen, (2019) membahas efek sistem AI pada manajemen selama dekade

mendatang dan menemukan bahwa AI akan melengkapi pengambilan keputusan manusia, terutama untuk eksekutif tingkat atas. Juga disimpulkan bahwa AI terutama diperiksa dalam ilmu komputer dan riset operasi untuk mencapai pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana otomatisasi dapat memengaruhi masa depan kita, singkatnya, bagaimana AI tidak hanya dapat mengotomatiskan proses tetapi juga memperkuat domain manajemen (Kellogg et al., (2020). Diperlukan PM yang memadai untuk semua bentuk proyek, dengan maksud memimpin proyek hingga selesai sambil mengelola pengaturan waktu, biaya, ruang lingkup, kualitas dan personel. Manajer proyek bekerja sama dengan pemangku kepentingan lainnya dan melacak seluruh alur kerja dan fokus pada semua aspek proyek seperti tenaga kerja, modal, waktu, peralatan, material, dan risiko untuk mengurangi kemungkinan penundaan, kelebihan anggaran, dan kontinjensi yang akan segera terjadi.

Karena peningkatan kapasitas data dan komputasi sejak tahun 2002, minat penelitian terus beralih ke Machine learning dan pembelajaran mendalam pada tingkat kecerdasan yang lebih tinggi untuk tujuan yang berbeda di industri. Namun, sebelum tahun 2002, sebagian besar studi berfokus pada sistem pakar, alat awal yang mendukung AI untuk mensimulasikan perilaku dan pengetahuan manusia untuk pengambilan keputusan. Untuk memeriksa kekurangan tinjauan saat ini, kami bermaksud menyoroiti tinjauan yang lebih luas dan lebih sistematis yang akan mencakup pengembangan penerapan AI dalam domain PM dengan mempertimbangkan analisis bibliometrik dan kualitatif. Singkatnya, tujuan utama dari tesis ini adalah untuk mencari publikasi akademik dalam topik AI dan melakukan analisis scientometric, meringkas kegiatan dan karakteristik PM, menyoroiti penggunaan AI saat ini dalam PM di berbagai industri, dan mengidentifikasi manajer proyek masa depan dan bagaimana peran akan berbeda dalam dekade mendatang dan keterampilan apa yang diperlukan untuk mengatasi terobosan teknologi baru ke depan untuk proses digitalisasi PM.

LITERATURE REVIEW

Artificial Intelligence (AI)

AI adalah cabang dari bidang rekayasa perangkat lunak di mana para ahli matematika berusaha membangun kecerdasan yang ditingkatkan dalam sistem komputer. Russel et al., (2016) mendeskripsikan AI menggunakan pernyataan “seni menciptakan mesin yang menjalankan fungsi yang memerlukan kecerdasan saat dilakukan oleh manusia”. AI mendesak komputer untuk memahami dan mempelajari input seperti manusia untuk kognisi, representasi pengetahuan, logika, pemecahan masalah, dan perencanaan, memungkinkan mereka untuk menangani masalah yang kompleks dan tidak terdefinisi dengan baik dalam solusi yang disengaja, berwawasan, dan adaptif. Karena keuntungan yang tak tertandingi untuk masa depan

manusia-mesin yang saling berhubungan, persentase besar investasi ke dalam penelitian dan pengembangan dalam bidang ini telah dicatat secara dramatis selama beberapa tahun terakhir. Machine learning, khususnya, menyumbang sebagian besar pendanaan AI, karena mempelajari data yang kuat dengan baik dari berbagai sumber dan mendapatkan wawasan dari data untuk mencapai keputusan cerdas secara dinamis. AI memiliki beragam solusi praktis, mulai dari asisten pribadi yang cerdas hingga sistem cerdas yang memungkinkan pengenalan wajah. Pendukungnya mengakui bahwa mesin cerdas adalah cara terbaik untuk memastikan keberadaan manusia dalam jangka panjang, sementara para skeptis meragukan efek negatif tak terduga dari AI yang tak terkendali. Menurut sebuah studi dari perusahaan Accenture, AI kini mengubah setiap bidang kehidupan, dengan potensi untuk meningkatkan produktivitas tenaga kerja sebesar 40% dan tingkat pertumbuhan ekonomi tahunan dua kali lipat pada tahun 2035 (Purdy et al., (2016). Untuk memastikan bahwa AI memenuhi ekspektasi, semakin banyak perusahaan yang secara aktif terlibat dalam berbagai teknologi AI yang mempertajam fokus AI dan memperluas konteks aplikasinya (Chui, (2017). Terlepas dari kenyataan bahwa volume data teknik meningkat secara eksponensial di sektor project management, implementasi AI masih tertinggal dari metode di industri lain, yang mengarah ke otomatisasi dan kecerdasan tingkat tinggi baik di industri maupun perdagangan.

Jenis Sistem AI

Menurut Mellit et al., (2008), dalam hal pembelajaran, penalaran, dan koreksi diri, berbagai sistem AI telah diklasifikasikan secara matematis menjadi tiga kategori, pertama adalah *Artificial Narrow Intelligence (ANI)*: Sistem ANI, juga dikenal sebagai AI Lemah, adalah jenis AI yang diprogram untuk melakukan tugas tertentu dan hanya dapat berkonsentrasi pada satu area fungsional. Di sisi lain, sistem tersebut dapat dirancang untuk melakukan ratusan ribu kalkulasi per detik; mereka terbatas dalam kemampuan kinerjanya karena spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya oleh pengembangnya. Kedua, *Artificial General Intelligence (AGI)*: juga disebut sebagai AI Tingkat Manusia, yang mengacu pada Sistem AI yang dapat meniru manusia dalam segala hal dan dapat melakukan semua jenis tugas manusia. Alan Turing, yang menciptakan tes Turing untuk menguji probabilitas, adalah pelopor yang menyatakan bahwa "mesin berpikir" semacam ini ada, yang dihasilkan dengan mengoordinasikan pertukaran teks percakapan antara pihak-pihak berikut: Penguji Manusia, Manusia lain, dan AI sistem yang sedang diuji. Sistem AI yang diuji direkayasa untuk meniru dan berfungsi seperti manusia. Sistem AI belum memenuhi semua persyaratan apakah penguji manusia dapat membedakan antara peserta tes dan mengenali sistem AI di dalam pertukaran teks, karena itu sistem AI tidak berhasil lulus tes dan sebaliknya. Selain itu, Tes Turing juga

dikenal sebagai Permainan Imitasi telah menjadi pedoman yang terkenal untuk kemungkinan pengembangan sistem AGI. Di sisi lain, tidak semua advokat AI percaya bahwa tes semacam itu memadai karena kecepatan pengembangan komputer untuk menggeser target pengembangan AI dengan alat intelektual yang bertentangan dengan patung intelektual. Terakhir, *Artificial Super Intelligence (ASI)*: Sistem ASI diharapkan menjadi jenis sistem AGI yang akan berkembang dengan cepat hingga mampu menggantikan manusia di hampir semua bidang termasuk penalaran kognitif dan keterampilan sosial. Mereka juga mencerminkan jenis AI yang pada akhirnya akan "mengambil alih" umat manusia, menghasilkan teori singularitas. Memang, dikatakan bahwa manusia tidak akan melihat munculnya sistem ASI sampai setelah mereka menjadi bagian dari kehidupan manusia sehari-hari, menunjukkan bahwa singularitas mungkin lebih dekat dari yang diharapkan.

MACHINE LEARNING (ML)

ML adalah cabang AI yang mendukung perancangan dan pengembangan algoritme yang terutama dapat belajar untuk menyelesaikan aktivitas tanpa diberi tahu secara khusus bagaimana melakukannya oleh pengembang. Data yang bersih dan sesuai diperlukan agar ML dapat beroperasi dengan baik karena beragam algoritme ML kini lebih umum digunakan dalam penelitian peramalan, yang dapat mempelajari data dalam jumlah besar dari berbagai sumber sebelum berfokus pada prediksi input data. ML adalah langkah penting yang melatih mesin cara mengidentifikasi pola dalam data besar dan membuat prakiraan berbasis data untuk tugas mendatang. Misalnya, ini mencontohkan kegunaannya yang signifikan dalam kontrol kesehatan struktural untuk berbagai aplikasi, termasuk deteksi dan diagnosis risiko struktural, prediksi kekuatan struktur, keandalan sistem, dan penilaian daya tahan, serta pemeliharaan infrastruktur (Salehi et al., (2018).

Artificial Neural Networks (ANN)

ANN adalah bentuk ML yang meniru otak manusia. Dalam ANN, neuron adalah fungsi matematika yang mengumpulkan dan mengkategorikan data karena arsitektur tertentu. Ini analog dengan regresi linier berganda karena mengandung lapisan node yang saling berhubungan, yang masing-masing merupakan perceptron. Sinyal yang dihasilkan oleh regresi linier berganda dimasukkan ke dalam mekanisme aktivasi yang berpotensi nonlinier oleh persepsi; sedangkan pembobotan masukan disesuaikan dengan lapisan tersembunyi hingga tingkat kesalahan ANN serendah mungkin. Sebagai metode yang berharga untuk menganalisis dan memecahkan masalah yang rumit, potensi ANN diakui secara luas dalam lingkup PM. ANN terinspirasi oleh jaringan saraf biologis dengan neuron yang saling berhubungan untuk meniru proses pembelajaran manusia (Han et al., (2018).

Fuzzy Logic (FL)

FL sangat penting untuk pertumbuhan kemampuan seperti manusia dalam perangkat lunak, memungkinkan sistem AI untuk menemukan solusi dalam menghadapi tantangan yang tidak biasa. Kemampuan FL untuk meniru cara manusia membuat keputusan, yang mencakup sebagian besar skenario transisi antara dua nilai digital, dapat digunakan untuk menjelaskan bagaimana informasi disimpan di dalam otak manusia. FL terdiri dari tiga langkah mendasar; pertama adalah Fuzzifikasi merupakan metode untuk mengubah nilai tegas menjadi skor keanggotaan untuk himpunan fuzzy dalam variabel linguistik. Setiap istilah linguistik diberi skor menggunakan fitur keanggotaan. Kedua adalah Mesin inferensi menggunakan aturan pada tingkat linguistik untuk menjelaskan tindakan sistem. Terakhir adalah himpunan fuzzy dan korelasi, defuzzifikasi adalah metode menghasilkan hasil terukur dalam logika Crisp. Hal ini diperlukan untuk mewakili ancaman dan ketidakpastian yang melekat dalam proyek. Misalnya, manajer proyek bisa mendapatkan keuntungan dari model fuzzy, termasuk pengambilan keputusan yang lebih cepat, PM yang efektif, dan visualisasi proyek pembangunan masa depan.

FL telah memainkan peran penting dalam memodelkan data kualitatif yang dihasilkan dari penilaian profesional dan memungkinkan penalaran dengan fakta yang tidak jelas, dengan tiga tahap masukan "fuzzifying" dengan fungsi keanggotaan, menggabungkan pengetahuan dan menyimpulkan kesimpulan dengan logika himpunan fuzzy, dan "defuzzifying" kesimpulan ini untuk keputusan akhir (Islam, et al., (2018)). Telah ditemukan bahwa pencampuran FL dengan jaringan Bayesian atau proses hirarki analitik (AHP) telah mengungkapkan keuntungan besar dalam evaluasi risiko atau pengumpulan multi-kriteria terutama ketika masalah ditandai dengan ketidakpastian yang sewenang-wenang, dan ketidakjelasan (Fayek, (2020)). Jenis lain adalah peta kognitif fuzzy (FCM) yang dipelajari dari data atau dibuat melalui pendapat para profesional. Struktur grafik fuzzy seperti itu merasakan interaksi yang rumit dan memungkinkan penyebaran kasual yang sistematis, yang dapat menghasilkan interpretasi langsung dan pengenalan akar penyebab ketika risiko terjadi bahkan dalam keadaan yang sulit, tidak dapat diprediksi, dan sewenang-wenang (Wee et al., (2015)). Selain itu, FCM hibrid yang terintegrasi dengan pendekatan lain, telah dirancang untuk mempercepat proses pemodelan dan mengevaluasi metrik yang lebih tepat, dan karenanya telah digunakan secara luas untuk analisis risiko, pengambilan keputusan, dan analisis kompleksitas proyek. Anehnya, meskipun kemudahan implementasinya, pendekatan sebelumnya menderita biaya komputasi yang tinggi dalam dataset spasial dan temporal skala besar (Cox et al., (2005)).

Fuzzy Rule-Based Systems (FRBS) dan Genetic Fuzzy System (GFS)

FRBS menunjukkan perluasan sistem berbasis aturan tradisional mengingat bahwa mereka berurusan dengan aturan "JIKA-MAKA", anteseden dan konsekuensinya terdiri dari pernyataan logika fuzzy, daripada yang klasik. Mereka telah mendemonstrasikan kapasitas mereka untuk masalah pemodelan, klasifikasi, dan penambangan data dalam sejumlah besar aplikasi, yang membuat mereka sangat berguna untuk manajemen dan kontrol proyek. GFS pada dasarnya adalah sistem fuzzy yang didorong oleh proses pembelajaran berdasarkan algoritma evolusioner, yang meliputi FL+GA, pemrograman genetik, dan strategi evolusi, di antara algoritma evolusioner lainnya. Aspek utama penggunaan GA untuk ML dari FRBS adalah prosesnya dapat dianalisis sebagai masalah pengoptimalan (Bhattacharyya et al., (2011))

Neural-Network-Adding Bootstrap (NNAB)

Banyak pengklasifikasi jaringan saraf tiruan digabungkan dalam bootstrap yang menambahkan jaringan saraf (Tiwari et al., (2010)). Pendekatan ini mempekerjakan beberapa pengklasifikasi berbasis ANN, dengan masing-masing pengklasifikasi membuat penilaian akhir melalui sistem pemungutan suara. Bobot kumulatif ditentukan dengan menggunakan input dan output model disediakan sebagai kombinasi linear dari output para ahli. Bierman menyarankan "pengemasan", sebuah pendekatan baru untuk menggabungkan beberapa model menggunakan replika boot dari data pelatihan. Studi mengungkapkan dengan menggunakan metode ini, generalisasi model dapat sangat ditingkatkan. Model BAGNET, atau model jaringan saraf yang efisien, dibuat menggunakan prinsip "mengantongi". Alih-alih memilih model jaringan saraf tunggal, model BAGNET menggabungkan beberapa model jaringan saraf untuk meningkatkan akurasi dan daya tahan. Output total model BAGNET adalah sebuah campuran tertimbang dari output jaringan saraf tunggal.

Evolutionary Fuzzy Neural Inference Model (EFNIM)

Ini menyajikan teknik resolusi sistem hybrid, terdiri dari GA, FL, dan NN yang dapat digunakan untuk menangani berbagai masalah. Komposisi terintegrasi dari ketiga komponennya meningkatkan kualitas positif setiap elemen sambil juga berusaha menggantikan kekurangan intrinsiknya. GA digunakan untuk pengoptimalan global, FL mengatasi ambiguitas dan estimasi inferensi, dan NN menangani visualisasi input-output. Metode ini secara tradisional telah digunakan untuk memecahkan masalah teknik sipil (Cheng et al., (2009)) dan mengusulkan sistem hybrid dengan kapasitas yang signifikan untuk membantu administrator dalam melaksanakan rencana jangka panjang yang efektif dan mengambil tindakan yang tepat untuk memastikan kinerja proyek secara keseluruhan (Ko et al., (2017)).

Expert System (ES)

ES adalah program komputer yang menggunakan AI untuk meniru tindakan seseorang atau entitas yang telah memperoleh pengetahuan dan pengalaman di bidang tertentu. Kekuatan ES didasarkan pada serangkaian fakta dan heuristik yang terorganisir dengan baik tentang bidang sistem. Sistem pakar didefinisikan oleh akumulasi informasi dari mana mesin inferensi dapat membentuk opini. ES akan menyimpulkan solusi, mengharapakan hasil, dan mengusulkan kemungkinan solusi untuk dilema. Klasifikasi, perencanaan, penjadwalan, dan estimasi risiko adalah semua sektor di mana ES dapat digunakan. Selanjutnya, ES membantu PM untuk membuat keputusan dan memutuskan bagaimana menangani langkah-langkah korektif (Chou et al., (2012)

Natural Language Processing (NLP)

NLP adalah metode ML yang menginstruksikan komputer untuk mengidentifikasi karakter dan bahasa. Pembelajaran mendalam untuk NLP adalah cara yang lebih ampuh untuk membawa AI berkomunikasi dengan manusia melalui bahasa alami baik lisan maupun tulisan. Sebagai subset signifikan dari AI, NLP terutama merangsang komputer untuk menyimpan, menemukan, dan menerjemahkan data terkait bahasa ke dalam teks dan kata, yang mengarah pada pengenalan kata alami seperti manusia. Pendekatan manual tradisional untuk memeriksa data teks bebas memiliki kecenderungan untuk meninggalkan banyak informasi berguna yang belum dimanfaatkan. Untuk tujuan ini, NLP secara bertahap digunakan untuk menggantikan analisis manusia yang memakan waktu, karena NLP dapat memproses data tekstual dalam jumlah besar dengan biaya rendah dan dalam waktu singkat. NLP memiliki kemampuan untuk menyelidiki sejumlah besar file teks yang dikumpulkan dalam domain CEM untuk membantu pengelolaan proyek konstruksi dan data teknik. Informasi yang bermanfaat dan legal dapat diambil secara efektif dari sejumlah besar dokumen tekstual yang tidak terstruktur menggunakan NLP. Akibatnya, pengawas dapat mengambil manfaat dari prekursor insiden untuk meningkatkan pemantauan dan evaluasi keselamatan konstruksi. Untuk satu aspek, tindakan dan penyebab berbahaya dapat dengan mudah dideteksi dan dikategorikan pada tahap awal untuk analisis pasca-peristiwa, memungkinkan tindakan manusia tepat waktu di lokasi dan praktik konstruksi untuk mengurangi bahaya. Ini juga dapat memberikan asumsi akurat tentang kemungkinan ancaman yang mungkin muncul di masa depan. Ini memungkinkan administrator untuk mengambil tindakan pencegahan untuk menghindari insiden seperti itu terjadi lagi. Misalnya, Zhong et al., (2020) mengembangkan platform baru yang memadukan pembelajaran mendalam dan penambangan teks untuk lebih dari sekadar pengenalan topik dan deteksi bahaya, yang juga dapat membangun jaringan kejadian bersama kata untuk

mengekspos tren bahaya dan memantau evolusi dinamis bahaya dari waktu ke waktu untuk penghindaran kecelakaan.

Machine Vision (MV)

MV adalah disiplin pembelajaran mendalam yang berpusat pada identifikasi objek. Ini digunakan dalam algoritme untuk kendaraan yang dapat mengemudi sendiri, pengenalan gambar, dan AI apa pun yang ingin mengidentifikasi objek dalam bentuk apa pun.

Representation Learning (RL)

RL adalah bidang ML yang lebih jauh dari ML tradisional yang membutuhkan interaksi manusia ekstra. Model RL menangani volume data yang besar dan mempelajari representasi, juga dikenal sebagai fitur sendiri.

Deep Learning (DL)

DL adalah metode RL lainnya yang terdiri dari lima atau lebih lapisan neuron buatan. Satu lapisan masukan mengumpulkan data, tiga atau lebih lapisan tersembunyi memproses data dan mempelajari fungsi baru, dan satu lapisan keluaran menunjukkan hasilnya. DL telah melampaui metode komputasi konvensional sebagai pendekatan yang lebih disukai untuk mengekstraksi informasi kualitatif dari gambar dan mencapai kesuksesan mutakhir dalam CV. Pendekatan berbasis pembelajaran mendalam secara khusus menangani tiga tugas: klasifikasi citra, identifikasi objek, dan teknik klasifikasi. Lebih tepatnya, klasifikasi citra adalah metode untuk mengenali seluruh citra secara keseluruhan dengan menempelkannya pada sebuah label. Fungsi klasifikasi sering dilakukan oleh arsitektur yang paling umum dikenal sebagai Convolutional Neural Network (CNNs), yang memiliki tiga varietas penting dari lapisan saraf: convolutional layer untuk menghasilkan peta fitur, pooling layer untuk meminimalkan dimensi spasial input, dan layer yang terhubung sepenuhnya untuk membangun vektor fitur 1D.

Deep Reinforcement Learning (DRL)

DRL adalah teknik pembelajaran penguatan yang melibatkan jaringan saraf tiruan. Pembelajaran penguatan bagus dalam mengambil keputusan yang tepat di antara banyak pilihan. DRL lebih baik dalam hal memproses berbagai macam data yang berasal dari lingkungan eksternal.

Computer Vision (CV)

Selama beberapa tahun terakhir, telah terjadi gelombang minat pada topik CV yang berkembang dalam proyek terkait konstruksi. CV umumnya digunakan dalam kombinasi dengan peralatan akuisisi seperti kamera, unmanned aerial vehicles (UAV), LiDAR, dan lainnya untuk memberikan alternatif non-kontak dan jarak jauh untuk pelacakan proyek, dan data gambar yang dikumpulkan kemudian dapat diubah menjadi informasi yang dapat

ditindaklanjuti. cara yang akurat, cepat, dan hemat biaya (Spencer Jet al., (2019). Teknologi berbantuan CV sebagian besar mengarah pada inspeksi berbasis visi yang otomatis dan kuat, yang semakin menggantikan pengamatan manual yang rawan kesalahan, memakan waktu, melelahkan, dan berisiko oleh manusia. Terakhir, keadaan aktual dari kondisi berbahaya atau tindakan di infrastruktur atau lokasi konstruksi dapat dengan cepat dideteksi dan diukur, yang pada gilirannya mengusulkan cara untuk meminimalkan bahaya di masa mendatang (Martinez et al., (2019). CV digunakan dalam observasi lapangan untuk secara otomatis memantau, mengidentifikasi, memperkirakan, dan mengevaluasi sumber daya konstruksi seperti personel, material, dan peralatan. CV dapat menawarkan bantuan pemecahan masalah dalam mengurangi bahaya sebelum muncul, secara signifikan meningkatkan keselamatan dan kesehatan tempat kerja berbasis lapangan selama proses konstruksi.

Process Mining (Pro-M)

Pro-M adalah cabang penelitian yang relatif baru yang merupakan bagian dari teknik AI. Penambangan proses dapat dianggap sebagai penghubung antara log peristiwa dan proses operasi karena didedikasikan untuk menyelidiki log peristiwa. Akibatnya, ia mampu memberikan informasi langsung dan berbasis fakta dari log peristiwa nyata untuk manajemen dan pelacakan proses yang lebih baik. Analisis penambangan proses dapat dibagi menjadi tiga kategori: eksplorasi proses, kesesuaian proses, dan peningkatan proses (Van (2016). Dalam istilah lain, log peristiwa dapat dilatih untuk secara otomatis membangun model proses yang merupakan representasi dari proses nyata dan mengukur metrik proses. Model proses yang ditemukan kemudian dapat dikenakan berbagai pendekatan analitis untuk mengidentifikasi masalah potensial seperti inefisiensi, kemacetan, dan kekurangan lainnya dan juga menangkap karakteristik organisasi dalam proses tersebut. Akibatnya, penambangan proses memungkinkan manajer untuk dengan mudah mengidentifikasi komponen proses utama dan membuat keputusan berdasarkan data untuk meningkatkan operasi dan mempercepat proses.

Support Vector Machine (SVM)

SVM memperkenalkan jenis pembelajaran modern yang lebih efektif daripada metode pembelajaran klasik. Masalah regresi dan kategorisasi data juga dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan ini. SVM, seperti jaringan saraf, bergantung pada kumpulan data pelatihan untuk pelatihan dan penelitian. Fitur SVM memungkinkan pemrosesan data yang tidak pasti dengan lebih baik, dan metode ini memiliki berbagai keunggulan dibandingkan jaringan saraf. Ini biasanya digunakan dalam manajemen biaya dan proyek (Wauters et al., (2014). Dalam area klasifikasi, SVM termasuk dalam kategori pengklasifikasi linier karena menginduksi pemisah linier atau hyperplane baik di ruang asli dari contoh input.

Project management (PM)

The Project Management Institute (PMI) telah mendefinisikan project management sebagai "Upaya sementara yang dilakukan untuk menciptakan produk, layanan, atau hasil yang unik." Telah dikemukakan bahwa project management sebagai fungsi yang menonjol terutama berkaitan dengan "menciptakan lingkungan di mana individu dapat bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama, untuk mencapai proyek yang sukses tepat waktu dan sesuai anggaran." Dalam lingkungan yang bergejolak dengan cepat, tujuan keseluruhannya adalah untuk melibatkan dan mengendalikan semua pemangku kepentingan untuk menciptakan lingkungan yang belum pernah terjadi sebelumnya yang dapat menampung tim atau karyawan dari organisasi yang sama atau bahkan berbeda dan mungkin tidak perlu berkolaborasi lagi setelah proyek selesai. Tidak pasti siapa yang menemukan istilah "project management" tetapi pendekatannya telah dikembangkan dan dimodifikasi dari waktu ke waktu, dengan implementasi strategis awal terbatas pada industri konstruksi lebih dari tujuh puluh tahun yang lalu. Belakangan, organisasi mulai menggunakan dan mendokumentasikan strategi dan teknik khusus untuk misi yang kompleks. Proyek konstruksi berbeda satu sama lain karena perbedaan harapan pelanggan, kompleksitas proyek, lingkungan dan pengaruh, dan kekurangan untuk meningkatkan kompleksitas PM. Akibatnya, sangat tidak masuk akal untuk hanya meniru penjadwalan, skema desain, anggaran, dan logistik dari proyek yang sudah mapan ke proyek baru. Selain itu, individu dengan berbagai peran seperti desainer, insinyur, pemasok, kontraktor, manajer, dan penyedia layanan lainnya, memerlukan rencana proyek yang disesuaikan dengan keterampilan, pengetahuan, pengalaman, dan komunikasi peserta.

Dasar-dasar PM

Konsep dan persepsi peran manajer proyek pertama kali diperkenalkan oleh Gaddis, (1959:89–97). Badan Pengetahuan Project management (PMBOK) dari Project Management Institute (PMI) adalah panduan standar untuk project management yang menjelaskan lima fase utama yang membentuk proses PM. Menurut PMI-PMBOK peta proses yang digunakan menggambarkan bagaimana proyek saat ini dikelola mulai dari Inisiasi, hingga Penutupan. Panduan PMBOK menggambarkan 49 proses yang dikategorikan oleh 10 bidang pengetahuan yang secara logis dibagi lagi menjadi lima kelompok proses PM yang bertujuan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Setiap area pengetahuan ditentukan oleh persyaratan pengetahuannya. Sebagai gambaran, “integrasi” area pengetahuan didukung oleh; mengembangkan piagam proyek, rencana PM, pekerjaan proyek, pengetahuan, pemantauan, kontrol perubahan, dan penutupan proyek, dll.

Inisiasi Proyek adalah fase di mana manfaat proyek diakui dan proyek disetujui. Diikuti oleh Perencanaan Proyek, tahap di mana parameter dasar, seperti yang diilustrasikan oleh Segitiga Besi, proyek didefinisikan, kegiatan direncanakan, risiko dinilai dan alokasi sumber daya tim terjadi. Penting untuk membuat rencana terperinci untuk pengembangan proyek termasuk sumber daya, jadwal, anggaran, dan dependensi; selain itu, rencana yang dipersiapkan dengan lebih baik harus sesuai dengan skala waktu dan alur kerja yang logis, yang membantu meminimalkan biaya, durasi, dan proses yang tidak logis dalam proyek nyata. Khususnya, isu yang paling kritis dalam fase perencanaan adalah pengembangan rencana proyek untuk mengotomatisasi proses secara rasional, yang juga dapat berfungsi untuk melacak proses aktual dan memungkinkan panduan diselesaikan dalam perkiraan anggaran. Tahap ketiga disebut Eksekusi Proyek yang melibatkan manajer proyek mengarahkan dan mengelola pekerjaan sementara tim memulai pekerjaan proyek. Tahap Proyek Pemantauan dan Pengendalian berlangsung di tempat keempat di mana kemajuan proyek dipantau dan dinilai dari awal proyek. Modifikasi dilakukan jika tujuan yang telah ditentukan sebelumnya tidak dapat dipenuhi seperti yang direncanakan. Tahap terakhir disebut sebagai Penutupan Proyek di mana semua tugas proyek diselesaikan, kontrak diselesaikan dan keuangan dari nomor yang dibebankan ditutup.



Gambar 1. Segitiga Besi PM

Untuk menunjukkan menunjukkan hubungan antara parameter dasar ketika sebuah proyek didefinisikan atau dibutuhkan Segitiga Besi. Dimana kendala PM membuat satu set mandiri di mana perubahan ke satu faktor mempengaruhi yang lain dan membutuhkan perubahan ke satu atau lebih aspek dalam segitiga untuk menjaga keseimbangan berdasarkan parameter proyek yang telah ditentukan sebelumnya. Faktor ujung atas segitiga adalah biaya, terkadang disebut biaya karakteristik, atau dikenal sebagai rencana keuangan tugas. Ini adalah aspek penting untuk memantau kelangsungan usaha dan dapat dianggap sebagai ukuran keberhasilan menyelesaikan tugas di dalam atau di bawah rencana keuangan yang disepakati. Estimasi biaya adalah proses mengharapkan dana dan sumber daya yang dibutuhkan untuk melakukan proyek dalam ruang lingkup yang ditentukan. Prediksi memainkan peran utama

dalam mengembangkan rencana keuangan untuk memutuskan apakah suatu tugas memiliki izin untuk melanjutkan tahap perencanaan.

Sisi kiri segitiga memiliki waktu di kakinya. Ini terkait dengan periode penghentian yang telah ditentukan sebelumnya dari usaha dan dikategorikan sebagai komponen PM yang tidak terlacak. Berlawanan dengan biaya, misalnya jika jangka waktu yang telah ditentukan berkurang, biaya untuk menyelesaikan proyek akan meningkat. Untuk seorang manajer proyek, sangat penting untuk menjaga agar proyek berjalan sesuai rencana karena waktu yang hilang tidak dapat dipulihkan. Kaki segitiga kanan memiliki ruang lingkup proyek, kadang-kadang disebut kasus bisnis atau spesifikasi, yang menentukan kekurangan proyek untuk menjelaskan apa yang termasuk dalam proyek atau tidak. Ini adalah aspek yang cenderung berubah dan oleh karena itu membutuhkan penyesuaian terus-menerus dari elemen penting proyek lainnya. Di jantung segitiga terdapat kualitas yang dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: i) Kualitas Produk: berkaitan dengan kualitas penyampaian proyek yang memerlukan pemeriksaan terus-menerus untuk mempertahankan keluaran yang layak. ii) Kualitas Proses: berurusan dengan kualitas proses PM dan berkonsentrasi pada seberapa baik proses tersebut dijalankan secara historis, dan bagaimana hal itu dapat disempurnakan berdasarkan pada tingkat kepuasan pemangku kepentingan yang dapat memiliki pendapat berbeda mengenai keberhasilan suatu proyek.

Menurut Kerzner, PM yang efektif menjamin persetujuan pelanggan atas hasil akhir serta penyelesaian sesuai jadwal, sesuai anggaran, dan pada tingkat kualitas optimal melalui alokasi sumber daya yang efisien (Arup; UCL; APM, (2018:13). Terlepas dari kenyataan bahwa sebuah proyek telah ditentukan secara eksplisit dari awal hingga akhir, pelaksanaan proyek yang sebenarnya belum tentu mengikuti rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Modifikasi atau penyesuaian yang tidak dapat dihindari karena berbagai alasan akan berlangsung secara dinamis selama siklus hidup proyek. Misalnya, alternatif proyek yang membutuhkan tinjauan terbaru karena beberapa aspek manusia seperti ketidakpuasan klien, kesalahan desainer dan insinyur, keadaan darurat yang tidak terduga seperti kelambatan yang tidak diinginkan, efek cuaca, masalah keuangan dari kontraktor dan tuntutan tambahan tenaga kerja, peralatan, dan bahan. Selanjutnya, jika ada penyesuaian yang diterapkan pada ruang lingkup proyek, penjadwalan dan anggaran harus diubah sesuai untuk mengatasi keadaan yang tidak stabil. Selain itu, manajer proyek bertanggung jawab untuk mengidentifikasi potensi risiko dan efek yang menyertai kinerja, jadwal, atau anggaran proyek. Risiko yang ditentukan ini harus dievaluasi baik dari pandangan non-numerik maupun kuantitatif, dan dengan

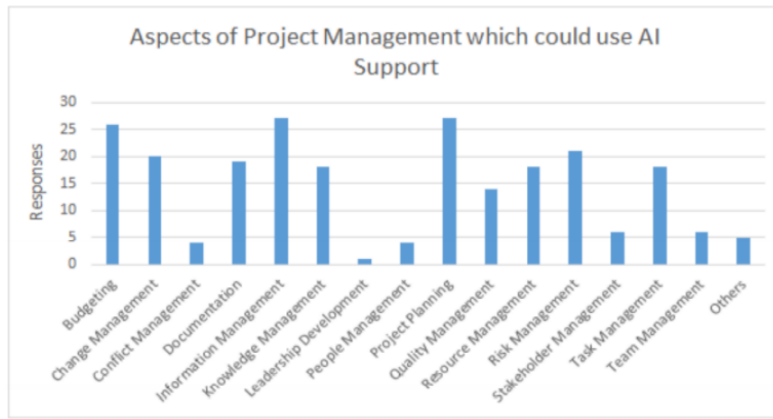
demikian pembaruan yang tepat waktu dapat dilakukan untuk secara proaktif mematuhi potensi masalah.

METHODOLOGY

Teori dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi potensi penerapan kecerdasan buatan dalam manajemen proyek, dengan tinjauan literatur tentang aplikasi AI dan mengevaluasi penggunaan AI saat ini dalam proyek dan perusahaan real-time. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian pustaka tentang aplikasi kecerdasan buatan dalam manajemen proyek. Penelitian terkait dalam domain manajemen proyek dikumpulkan untuk menyiapkan database untuk ditinjau. Kemudian, penggunaan AI saat ini dalam proyek dan perusahaan real-time dievaluasi untuk analisis yang lebih mendalam. Diawali dengan makalah terkait dalam domain PM dikumpulkan untuk menyiapkan database untuk ditinjau. Kriteria ini diadopsi untuk memandu pencarian, pertama Web of Science (WOS) library, Scopus, Sciencedirect, Researchgate, Google Scholar dan IEEE didefinisikan sebagai database akademik yang diadopsi untuk memilih publikasi yang ditargetkan.

DATA ANALYSIS DAN HASIL

Hasilnya menunjukkan AI akan memiliki efek yang sangat besar dalam mengembangkan fase perencanaan, melakukan project charter, dan pengendalian perubahan yang terintegrasi. Memang, AI diyakini memiliki efek paling kecil dalam mengelola pemangku kepentingan, menutup proyek atau fase, serta mengarahkan dan mengelola pekerjaan proyek. Selain itu, AI cenderung memiliki dampak terbesar dalam menciptakan struktur rincian kerja (WBS), 50% menjawab efek tinggi atau sangat tinggi. 40% peserta mengatakan bahwa AI akan memiliki efek yang sangat rendah atau rendah dalam menentukan ruang lingkup, 31% pada ruang lingkup pengendalian, dan 27% pada ruang lingkup validasi. Manajemen biaya proyek, manajemen jadwal proyek, dan manajemen risiko proyek cenderung mendapat manfaat paling banyak dari AI. Foster membahas bahwa AI dapat digunakan untuk menjadwalkan dan memperkirakan waktu, biaya, dan risiko (Wang et al., (2012:470–478). Studi lain oleh PricewaterhouseCoopers (PwC) telah memastikan bahwa AI pasti akan mengubah PM bahkan ke skala yang lebih luas daripada tingkat klasik integrasi data dan otomatisasi tugas yang umumnya digabungkan dengan sistem ini.



Gambar 2. Aspek PM yang dapat menggunakan dukungan AI (Arup; UCL; APM, (2018:13)

AI akan membawa PM ke dalam periode baru yang akan dikaitkan dengan penggunaan asisten proyek chat-bot, PM berbasis ML, serta PM otonom. Para penulis menyatakan bahwa sementara teknologi AI akan mengubah cara proyek dikelola dan disampaikan, mereka masih kekurangan keunikan interaksi manusia. Asumsi seperti itu akan menghasilkan kebutuhan jangka panjang bagi manajer proyek manusia bahkan di masa depan yang didominasi AI. Bahkan jika metode atau teknik PM inti dapat digantikan oleh sistem AI, aktivitas yang membutuhkan keterampilan kognitif lambat seperti kepemimpinan, empati, kecerdasan emosional, dan negosiasi akan tetap menjadi inti dari campur tangan manusia. Beberapa teknologi AI telah menunjukkan keberhasilan dalam memperkirakan durasi proyek, dengan pengaruh besar pada estimasi durasi aktivitas dan pelaksanaan jadwal, yang merupakan proses yang menandai tanggal awal dan akhir untuk setiap aktivitas. Kegiatan lain di mana AI akan berdampak besar adalah membuat WBS, merencanakan manajemen pengadaan, serta memantau dan mengendalikan pekerjaan proyek. Biasanya, AI akan memiliki efek terendah dalam mengelola keterlibatan pemangku kepentingan, yaitu proses berurusan dengan pemangku kepentingan untuk memenuhi persyaratan, harapan, dan kebutuhan mereka. Hasil studi mempromosikan gagasan bahwa pasti akan ada kebutuhan untuk manajer proyek, dan keterampilan manusia mungkin akan lebih berharga dalam peran manajer proyek dalam waktu dekat.

Mengenai otomatisasi dan kerja sama manusia-mesin, antarmuka pengguna yang cerdas akan membutuhkan perubahan pada struktur tempat kerja untuk menjaga kolaborasi dan komunikasi, dan memastikan lingkungan yang baik untuk mendorong produktivitas dan kreativitas dalam tenaga kerja. Juga diasumsikan bahwa keterampilan kognitif manusia seperti pengambilan keputusan strategis, empati, dan komunikasi dapat menjadi lebih berharga, sementara organisasi harus "memikirkan kembali peran orang dan memberikan pelatihan untuk

mempersiapkan karyawan mereka menghadapi lingkungan kerja baru ini". Laporan lebih lanjut menyimpulkan bahwa "bisnis mungkin segera mulai membagi keterampilan dan membimbing ulang pekerjaan menurut, di satu sisi, keterampilan manusia yang esensial, dan, di sisi lain, tugas tidak penting yang dapat dilakukan oleh mesin." Hasil ini menyajikan gambaran menarik untuk masa depan PM yang mencerminkan fakta bahwa manajer proyek akan memerlukan persiapan intensif untuk bekerja secara efisien dalam lingkungan kolaboratif manusia-mesin.

AI yang digunakan dalam PM Saat ini

Pengenalan AI di berbagai sektor industri akan menghasilkan peningkatan yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam sifat dinamika, tenaga kerja, dan ketidakpastian yang diwariskan di lapangan. AI dapat berperan penting dalam prediksi, pertumbuhan, dan pengambilan keputusan untuk meningkatkan aktivitas konvensional agar dapat mengimbangi era digitalisasi dan otomasi. Dimulai dengan gagasan otomatisasi, algoritme ML digunakan untuk mempelajari penggabungan data yang akan dimasukkan ke dalam perangkat lunak PM untuk membantu pengambilan keputusan dan analisis wawasan alih-alih mengandalkan intuisi manusia. Dengan pendekatan berbasis data, perspektif ini akan segera berkonsentrasi pada masalah proyek, memberdayakan manajer proyek untuk lebih jauh menangkap pengetahuan tersembunyi dari pengalaman proyek untuk diotomatisasi (Hu et al., (2019)). Selain itu, ketika pelacakan di tempat diperlukan, drone dan sensor dapat menghilangkan pengawasan manual yang memakan waktu dan rawan kesalahan melalui pengambilan gambar atau video untuk visualisasi data yang lebih baik. Selain itu, CV dapat digunakan sebagai pengganti potensial untuk pemeriksaan visual yang meragukan dalam evaluasi infrastruktur sipil; ini terutama berguna dalam pemrosesan data, dan analitik menggunakan teknik pembelajaran mendalam melalui pemahaman ujung ke ujung. Menurut Seo et al., (2015), inspeksi dan pemantauan adalah bidang pertimbangan penting untuk secara efisien meningkatkan pemahaman tonggak konstruksi yang rumit. Sementara aplikasi pelacakan dapat ditemukan dalam pengukuran status infrastruktur, pemanfaatan inspeksi dapat berupa penentuan kondisi, deteksi kerusakan otomatis, pengenalan komponen struktural, perilaku tidak aman. Singkatnya, metode berbasis visi dalam manajemen konstruksi relatif hemat biaya, sederhana, efisien, dan akurat, yang dapat dengan kuat mengubah data citra menjadi informasi yang dapat ditindaklanjuti untuk penilaian kesehatan struktural dan keselamatan konstruksi.

Pengaruh Alat AI pada peran manajer proyek

Menurut Walch, (2019), kasus penggunaan AI termasuk dalam salah satu dari tujuh pola berikut terlepas dari penerapan AI dan jangkauan implementasinya; oleh karena itu, ketujuh pola ini berisi Hiper Personalisasi, Sistem Otonomi, Analisis prediktif dan dukungan

keputusan, Interaksi percakapan/manusia, Pola dan anomali, Sistem pengenalan, dan Sistem yang digerakkan oleh tujuan. Fase inisiasi PMBOK dapat dikaitkan dengan sistem dan pola otonom dan anomali sementara fase perencanaan dapat berinteraksi dengan ketujuh pola kecuali sistem dan pola Pengenalan dan anomali. Fase eksekusi tidak hanya terkait dengan analitik prediktif dan dukungan keputusan serta interaksi manusia. Fase pemantauan dan pengendalian akan memanfaatkan seluruh kesamaan AI selain dari Hyper personalisasi; terakhir, fase penutupan akan melibatkan sistem otonom dan interaksi percakapan/manusia. Mempertimbangkan alat AI seperti Chatbot, Deep Learning, dan NLP, fungsinya dapat diperiksa untuk proses manajemen yang berbeda. Chatbot dapat menjadwalkan rapat, mengatur pertemuan, mendengarkan rapat untuk menetapkan tugas kepada orang-orang dengan tanggal tertentu, mengirimkan tindakan dan tindak lanjut, dan melacak pemangku kepentingan dengan mengumpulkan detail dari rapat. Deep Learning dapat membantu dalam manajemen kualitas dengan menganalisis data komponen untuk memprediksi bagian mana yang cenderung gagal dalam kontrol kualitas. Selain itu, NLP dapat menghilangkan kesenjangan komunikasi antara manusia dan komputer, mengidentifikasi konten yang sesuai yang mengarah ke keluaran berkualitas, mengurangi biaya yang terkait dengan tugas berulang dan memahami bahasa pelanggan untuk memberikan keluaran yang kredibel (PWC (2019)).

AI memberi manajer proyek lebih banyak wawasan tentang kemungkinan keluaran, yang akan mengoptimalkan keakuratan pengambilan keputusan. Sistem akan menghilangkan data yang berlebihan dengan mengidentifikasi hubungan dan tren dalam data, memungkinkan manajer untuk berkonsentrasi pada informasi yang paling penting. Penerapan AI untuk PM, khususnya ML, akan menghasilkan solusi baru dari perusahaan perangkat lunak PM terkenal. Atlassian, (2019), penyedia PM terkenal juga menawarkan plug-in ke Jira yang menjanjikan untuk mendeteksi dan memperbaiki bug gangguan kecil, menghilangkan pekerjaan perencanaan dan memprioritaskan dari pundak manajer proyek serta membebaskan pemain tim yang terampil untuk lebih berharga. Atlassian, (2019) juga memperkirakan bahwa "project management awal AI akan menjadi asisten proyek yang berfokus pada area sempit dalam mengelola proyek atau tim seperti membantu perkiraan, manajemen anggaran dan sprint, atau manajemen pengetahuan tim".

Saat menghadapi ambiguitas dan kompleksitas, campuran AI dan kecerdasan mentah manusia akan memberikan manfaat paling besar. Misalnya, Accenture melakukan penelitian terhadap lebih dari seribu perusahaan untuk mengeksplorasi interaksi antara mesin dan manusia (Wilson et al., (2018)). Mereka mengetahui bahwa organisasi yang menggunakan metode AI yang dikombinasikan dengan pembelajaran manusia mengalami peningkatan yang jauh lebih

besar dalam nilai tambah dari program AI. Akibatnya, mereka menerapkan model yang oleh perusahaan konsultan disebut MELDS. Ini terdiri dari lima prinsip utama integrasi antara AI dan manusia, yang diperhitungkan untuk Pola Pikir yang benar, telah memperjuangkan Eksperimen, peran Kepemimpinan dalam menetapkan tujuan dan mengarahkan AI, dan telah memasukkan DATA sebagai bagian penting dari strategi AI mereka (Wilson et al., (2018). Mereka memusatkan pekerjaan mereka pada peramalan durasi proyek dan teknik AI untuk meningkatkan manajemen nilai yang diperoleh (EVM) dengan teknik AI yang disebut k Nearest Neighbors. Dengan menggunakan Nearest Neighbor, para peneliti berusaha untuk meningkatkan akurasi dan stabilitas metode EVM selain menguji manfaat mengadopsi metode AI hybrid.

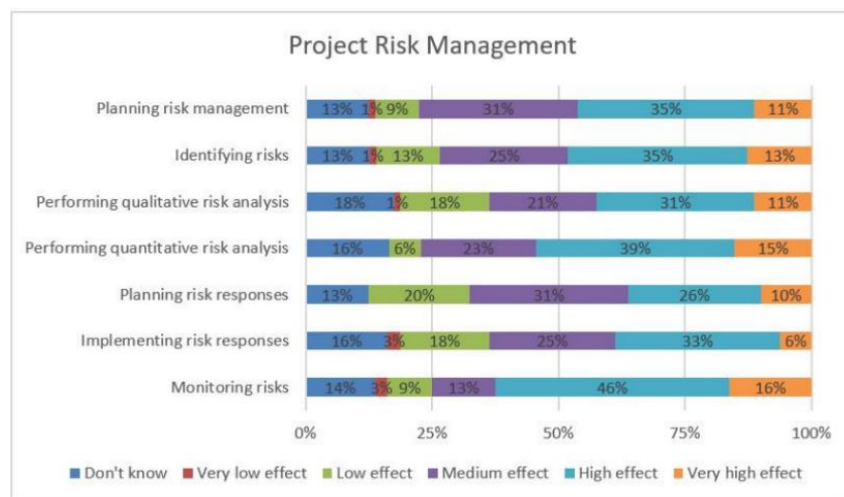
Penggunaan signifikan lainnya dari teknologi AI terletak pada masalah pengoptimalan, yang berupaya membuat proyek berjalan dengan lancar dan efektif. Inisiatif yang tidak perlu diantisipasi untuk menghindari langkah-langkah yang tidak perlu, pengerjaan ulang dan perselisihan, penundaan yang tak terhindarkan, dan koordinasi yang tidak memadai. Akibatnya, keputusan strategis dapat diambil untuk menguji dan memperbaiki pada tahap awal, memotivasi penyempurnaan efisiensi operasional. Misalnya, penambangan proses adalah metode baru yang diaktifkan AI untuk menghasilkan wawasan yang bermakna tentang sifat prosedur yang rumit, seperti memantau alur kerja utama, mengantisipasi anomali, mendeteksi penyumbatan tersembunyi, dan mengekstrak pola kolaborasi (Van der Aalst, (2016). Algoritma pengoptimalan jenis lain juga merupakan alat yang kuat untuk menghasilkan rencana yang masuk akal di bawah pertukaran maksimal antara waktu, biaya, dan kualitas, serta efektif dalam mencegah koreksi yang mahal pada tahap yang tersisa (Aziz et al., (2014).

Menurut Dam et al., (2018) beberapa alat diperkenalkan untuk memberikan dukungan kepada manajer proyek dalam konteks PM tangkas bertenaga AI. Pentingnya alat semacam itu adalah untuk memungkinkan pembentukan tim dan menandatangani proyek ke sumber daya yang ditentukan dan untuk mengelola tenggat waktu dengan cara yang efisien. Misalnya, "Stratejos", integrasi Slack dalam tim perangkat lunak Agile, sedangkan "ZiveBox" dapat menentukan kapan tugas akan dikirimkan dan dapat menganalisis produktivitas setiap sumber daya, memesan melalui basis data komunikasi di tingkat perusahaan. Alat lain bernama "Polydone" membantu otomatisasi anggaran dan waktu dengan cara yang tepat. Selain itu, "Rescoper", yang menangani pekerjaan berulang sehingga tim lebih fokus pada solusi, dapat memberikan notifikasi jika proyek akan kehabisan jadwal atau anggaran; "Clickup" membantu mengantisipasi anggota tim terbaik untuk beberapa tugas tertentu. Ini membantu dalam memberi tag pengguna dalam komentar yang terkait dengan konteks paling umum dan

mengharapkan tenggat waktu yang dapat dipenuhi, sedangkan "Clarizen", berdasarkan platform berbasis cloud, memiliki kemampuan untuk mengakses informasi untuk membuat keputusan yang berbeda dalam alur kerja yang disesuaikan. Secara umum, AI dapat memberikan solusi untuk tugas berulang yang membebani manajer proyek seperti entri dan manajemen data, penyusunan rencana proyek, dan sebagainya. Tugas-tugas ini dapat dilakukan secara otomatis

Dampak AI pada Manajemen Risiko Proyek dan Alokasi Sumber Daya

Salah satu bidang yang diharapkan dapat ditingkatkan dengan diperkenalkannya AI berdasarkan studi yang disebutkan di atas adalah manajemen risiko di mana AI mampu mendeteksi korelasi dalam data yang tidak begitu jelas bahkan oleh mata manusia yang paling halus sekalipun. Misalnya, AI dapat membantu manajer proyek dalam menemukan nilai dan resolusi sebagai estimasi dan manajemen risiko. Sedangkan manajemen risiko meliputi pengenalan risiko, analisis, perencanaan, pemantauan, pengendalian, dan komunikasi. Proses ekstraksi data parametrik AI dapat dilakukan. Beberapa teknologi AI seperti jaringan saraf, logika fuzzy, dan ML telah diperkenalkan untuk mempelajari data yang diperoleh untuk menangkap saling ketergantungan sebab dan akibat, menghitung kemungkinan terjadinya kegagalan, dan menilai besarnya risiko dari non-numerik dan pandangan kuantitatif.



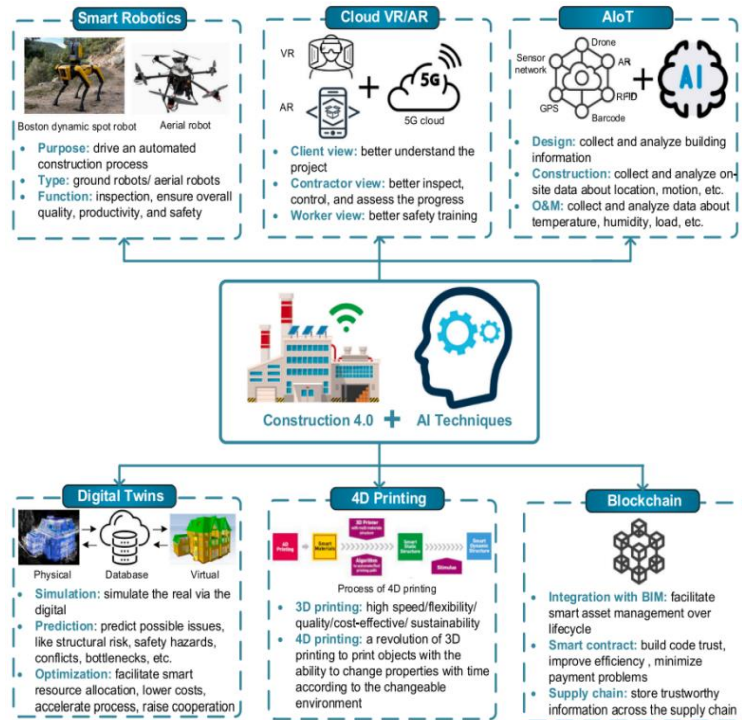
Gambar 3. Efek AI pada PM risiko (Afzal et al., (2019))

AI dapat melacak, mengidentifikasi, menganalisis, dan memperkirakan potensi risiko dalam hal perlindungan, kualitas, efisiensi, dan biaya melalui berbagai tim dan lingkungan kerja, yang sebagian besar digunakan untuk identifikasi, evaluasi, dan penentuan prioritas risiko. Selain itu, analisis risiko berbasis AI dapat menawarkan wawasan analitik dan adaptif tentang masalah berisiko, memungkinkan manajer proyek untuk dengan mudah mengelola risiko yang akan terjadi dan menentukan tindakan konstruktif daripada tindakan termasuk

mitigasi risiko, misalnya, untuk mengotomatisasi operasi pada proses pekerjaan, menyesuaikan staf organisasi, dan melacak proyek tepat waktu dan anggaran (Afzal et al., (2019). Singkatnya, AI memberikan peluang tinggi untuk mewujudkan pemecahan masalah awal alur kerja dinamis untuk menghilangkan kegagalan yang tidak diinginkan. Ketika bidang pengetahuan manajemen risiko proyek dinilai, dinyatakan bahwa AI mungkin akan berdampak besar pada proses manajemen risiko proyek. Dari responden, 63% berpendapat bahwa AI akan berdampak cukup tinggi pada pemantauan risiko dan 54% dalam melakukan analisis risiko kuantitatif. Temuan menunjukkan bahwa AI dianggap memiliki dampak paling kecil pada perencanaan dan penerapan respons risiko.

Alokasi sumber daya memastikan bahwa proyek dilakukan sesuai dengan ruang lingkup dalam tahap perencanaan. Ini termasuk perhitungan konsumsi sumber daya dan distribusi sumber daya untuk mencapai tujuan proyek. Kesehatan proyek bergantung pada penugasan sumber daya terbaik ke departemen yang tepat dengan kualifikasi yang tepat dan memastikan bahwa mereka memiliki semua alat yang diperlukan untuk dikirimkan sebelum atau sebelum tenggat waktu. Selain itu, AI memiliki potensi besar untuk meningkatkan fitur SDM seperti transaksi swalayan, perekrutan dan akuisisi bakat, penggajian, pelaporan, kebijakan dan prosedur akses. Menerapkan AI ke sumber daya manusia akan mempercepat proses dan menyisakan lebih banyak waktu untuk sisi pekerjaan yang benar-benar manusiawi. Dalam industri perawatan kesehatan, para pemimpin dapat mengarahkan gelombang kemajuan berikutnya dalam perawatan kesehatan, dengan memanfaatkan kemajuan dalam ilmu data untuk menghasilkan wawasan berharga dari kumpulan data besar dan kompleks yang terkumpul dalam sistem kesehatan. Algoritme ML dapat digunakan untuk memberikan perkiraan durasi dan kebutuhan sumber daya untuk aktivitas proyek berdasarkan pengetahuan ahli dan pelajaran yang dipetik dari proyek sebelumnya.

Di luar aplikasi AI Klasik



Gambar 4. Arah masa depan AI dalam manajemen konstruksi

Fokus penelitian ini hanya pada empat teknologi yang cenderung lebih fokus pada proses PM daripada konstruksi itu sendiri sehingga robot cerdas dan pencetakan 4D akan diabaikan. Robot pintar hanya dapat bermanfaat untuk tugas berisiko tinggi tertentu untuk melindungi pekerja dari kecelakaan terkait pekerjaan. Dengan demikian, manajer proyek bisa mendapatkan keuntungan dari mereka untuk menghadapi kekurangan tenaga kerja, untuk mengurangi biaya operasi, untuk memastikan kualitas, produktivitas, dan keselamatan secara keseluruhan. Separuh atas gambar memiliki dua topik utama yang menarik, yaitu Cloud Virtual Reality/Augmented Reality (VR/AR), dan Artificial Internet of Things (AIoT), yang dapat efektif dan terkait secara luas dengan lingkungan binaan untuk peningkatan dan evaluasi keselamatan, dan peningkatan kinerja operasional (Seo et al., (2015). Selanjutnya, pengembangan terbaru adalah untuk menghubungkan mereka dengan Building Information Modeling (BIM) untuk membangun sistem yang lebih canggih dengan peningkatan otomatisasi, interoperabilitas, dan kecerdasan. Selain itu, jalur evolusi VR/AR, menuju cloud, bergantung pada jaringan generasi kelima (5G) dan teknologi edge cloud. Solusi Cloud VR/AR ditujukan untuk mempercepat aplikasi VR/AR dan meningkatkan kemampuan pengguna. pengalaman. Karena VR/AR berfungsi sebagai teknologi visualisasi informasi yang memungkinkan lebih banyak interaksi antara dunia fisik dan dunia maya, VR menyalin seluruh situasi dan AR menggabungkan data tentang entitas nyata dengan gambar yang dihasilkan

komputer. Keuntungan seperti itu dapat membantu manajer proyek untuk dengan cepat memahami kemungkinan risiko dan masalah dan kemudian menyusun rencana strategis untuk mengantisipasi kemungkinan. Kemajuan signifikan cloud VR/AR root dalam komputasi awan dan jaringan kualitas interaktif, yang secara efektif dapat memperkuat kemampuan pemrosesan data dari komputer lokal ke cloud dan kemudian membuat persepsi waktu nyata bersama dengan umpan balik interaktif yang responsif (Tang et al., (2019).

AIoT adalah generasi baru IoT, yang menggabungkan teknik AI ke dalam infrastruktur IoT untuk operasi IoT dan analisis data yang lebih efisien. Secara instan, IoT dapat didefinisikan sebagai jaringan perangkat fisik yang saling terhubung, seperti sensor, drone, pemindai laser 3D, perangkat yang dapat dikenakan dan perangkat seluler, perangkat identifikasi frekuensi radio (RFID), yang melekat pada sumber daya untuk mengumpulkan data waktu nyata tentang status operasional proyek. Banyak penelitian telah berfokus pada pengembangan beberapa sistem penginderaan berbasis IoT yang cerdas untuk melacak kemajuan secara layak, memantau tempat kerja, yang diharapkan dapat mendukung peningkatan proyek yang berkelanjutan dan pencegahan kecelakaan (Li et al., (2018). Sementara itu, sejumlah besar data yang direkam dapat dibagikan melalui jaringan, dan kemudian dianalisis secara mendalam dengan berbagai metode AI untuk menawarkan wawasan yang dapat ditindaklanjuti untuk pengawasan dan pengambilan keputusan yang lebih baik. Rupanya, AIoT memberikan solusi untuk berbagai industri, dengan mengandalkan transformasi data waktu nyata dan analisis data instan. Karena AIoT dipandu oleh AI, keunggulannya dibandingkan IoT klasik terletak pada penyediaan fungsi analisis dan kontrol untuk pengambilan keputusan yang cerdas. Ini dapat mengotomatiskan pengambilan keputusan waktu nyata pada tingkat operasional untuk mengontrol lokasi kerja konstruksi dari jarak jauh, mengoptimalkan kinerja proyek, dan memprediksi kondisi masa depan untuk perencanaan pemeliharaan, melalui sintesis dan analisis data yang dikumpulkan melalui infrastruktur IoT dalam volume dan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya (Kanan et al., (2018).

Mengenai area penelitian terbawah, penelitian ini hanya fokus pada kembar digital, dan blockchain sebagai topik yang muncul dari inovasi industri manufaktur dan keuangan. Kembar digital adalah realisasi sistem cyber-fisik untuk visualisasi, pemodelan, simulasi, analisis, prediksi, dan pengoptimalan. Ini menggabungkan tiga komponen utama, yaitu entitas fisik, entitas virtual, dan koneksi data, untuk membentuk loop praktis. Biasanya, ada dua cara pemetaan dinamis di kembar digital. Di satu sisi, data inspeksi dikumpulkan di dunia fisik, yang kemudian ditransfer ke dunia virtual untuk dianalisis lebih lanjut (Cheng et al., (2020). Di sisi lain, simulasi, prediksi, dan optimalisasi dilakukan dalam model virtual dengan

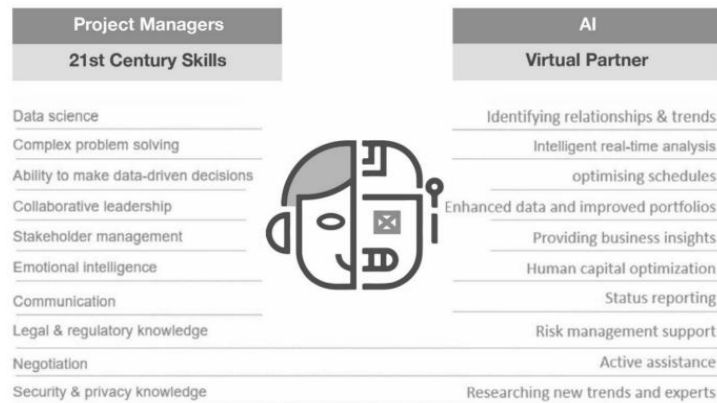
mempelajari data dari berbagai sumber, yang dapat memberikan solusi langsung untuk memandu proses realistis dan menyesuaikannya dengan lingkungan yang berubah-ubah. Untuk memaksimalkan kekuatan data, berbagai teknik penambangan data dan AI dimanfaatkan untuk membuat kembaran digital generik di seluruh domain untuk membantu manajer proyek memantau kemajuan situs secara otomatis, deteksi dini potensi masalah, kemudahan alokasi sumber daya cerdas, optimalisasi logistik dan penjadwalan, minimalisasi biaya operasional dan manajemen rantai nilai perusahaan.

Terakhir adalah Blockchain, yang mewakili infrastruktur global bersama yang kuat, yang awalnya digunakan untuk menyederhanakan dan mengamankan transaksi antar pihak (Qi et al., (2018)). Pada dasarnya, konsep blockchain dapat dijelaskan sebagai rantai terverifikasi dengan blok informasi, dan setiap blok mewujudkan data yang terkait dengan proses di lingkungan tepercaya. Dengan kata lain, data riwayat bersama dengan modifikasi dapat disimpan di seluruh jaringan dan dilindungi oleh teknologi kriptografi. Untuk ruang lingkup kami, blockchain dalam konstruksi dapat menggabungkan pengetahuan yang dapat disesuaikan dan diskalakan ke dalam dasbor bersama, dan dengan demikian sistem PM dapat diubah menjadi praktik yang lebih transparan dan aman. Itu juga dapat dikombinasikan dengan BIM untuk mengumpulkan data besar dari berbagai tahapan proyek dan berbagi data dengan aman di antara para pemangku kepentingan, yang bertujuan untuk mendukung PM siklus hidup (Turk et al., (2017)). Model BIM dapat diperbarui tepat waktu saat menerima blok informasi berikutnya. Oleh karena itu, pengiriman proyek dapat menjadi otomatis dan efisien, mencapai peningkatan produktivitas, kepercayaan, dan biaya. Selain itu, pembuatan kontrak pintar yang ditulis ke dalam kode adalah aplikasi penting lain dari blockchain untuk menegakkan perilaku yang diharapkan dengan sendirinya dan mengurangi penipuan pembayaran. Proses tersebut hanya akan dijalankan jika kriteria yang sesuai terpenuhi, menghasilkan akurasi yang tinggi, kepatuhan, transparansi, efektivitas biaya, dan kolaborasi dalam aktivitas, seperti pembayaran, administrasi kontrak, dll (Wang et al., (2017)).

Manajer Proyek Masa Depan

Menurut penelitian, manajer proyek mencurahkan lebih dari lima puluh persen waktunya untuk aktivitas rutin termasuk kontrol pembaruan dan pengelolaan check-in. Dengan dukungan sistem PM berkemampuan AI yang mengotomatiskan tugas dan prosedur yang membosankan, manajer proyek akan dapat memusatkan perhatian mereka pada operasi yang lebih bernilai tambah. Bot AI mampu memulai dan berfokus pada tugas yang tidak terlalu rumit yang akan menghemat banyak waktu manajer proyek dengan memungkinkan mereka berkonsentrasi pada proses konseptualisasi di balik manajemen strategis mereka dan memberi

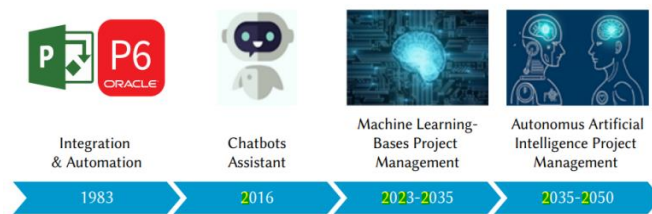
tim mereka lebih banyak waktu untuk hal-hal sebagai dukungan dan saran. Menurut laporan PwC (Ahmadishey, (2018:767–774), pemimpin proyek dan mitra virtual akan terus berkolaborasi bersama untuk menghadapi transisi digital yang akan datang, yang akan memberikan nilai bagi profesi dan mengarah pada pengakuan dan penghormatan yang lebih eksklusif bagi manajer proyek seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. PMI mengakui bahwa manajer proyek akan membutuhkan keterampilan digital untuk mengikuti perkembangan teknologi (PWC (2019). Namun, interaksi manusia tidak dapat dihindari, terutama ketika berhadapan dengan manajemen pemangku kepentingan



Gambar 5. Hubungan manajer proyek dan mitra AI virtual

Selain itu, AI mendukung manajer proyek dengan perspektif dan teknik yang mengingatkan mereka untuk berhati-hati saat menangani tugas yang sulit. Ini juga meningkatkan efektivitas manajer proyek dengan meningkatkan kreativitas dan kecerdasan emosional mereka. Perspektif berharga untuk proses rekomendasi diambil untuk membuat keputusan terkait proyek dan untuk menunjukkan wawasan tim. Potensi untuk menyelaraskan jenis sumber daya terbaik dengan tugas yang diperlukan menggunakan kemampuan AI merupakan manfaat yang sangat besar. Pemimpin SDM mencurahkan lebih banyak sumber daya untuk meningkatkan proses perekrutan; pada gilirannya, peningkatan pendapatan diperkirakan meningkat sebesar 4 persen dan tingkat perputaran menurun sekitar 35 persen yang menghasilkan penurunan waktu ideal bagi individu (Cappelli et al., (2018). Intonasi produktivitas anggota tim harus dipelajari sehingga manajer proyek akan lebih mudah menugaskan pekerjaan sehari-hari berdasarkan keterampilan individu. Saat mengerjakan proyek, AI akan merasakan tanda peringatan yang tidak terlihat yang berdampak pada risiko keadaan darurat, menghasilkan suasana ekosistem yang stabil, misalnya, terkait dengan kelancaran project management konstruksi, kemandirian peralatan, tempat kerja yang tidak aman, kualitas udara dan memperhatikan ekspresi wajah pekerja untuk menonjolkan kinerja dan meminimalkan risiko. AI akan membantu manajer proyek dalam manajemen strategis dan

bisnis dengan menyesuaikan metrik dan melakukan prediksi. Selain itu, manajer proyek dapat memperoleh lebih banyak bantuan, produktivitas, dan kontrol dengan memasukkan AI ke dalam program mereka. Jika organisasi dan manajer proyek rajin tentang ketersediaan dan kesesuaian penggunaan sistem AI, itu bisa membuat perbedaan yang signifikan dalam penyampaian nilai. Program AI dapat membantu dalam perkiraan biaya, mengelola rencana, melacak kemajuan, mengirim bendera, pembaruan dan tindak lanjut serta mengelola sumber daya, pada gilirannya manajer proyek dapat fokus pada anggota tim dan tugas yang lebih rumit (Lahmann, (2018).



Gambar 6. Timeline evolusi AI di PM (Qi et al., (2018))

Saat menyelidiki segitiga bakat PMI, kelompok keterampilan teknis PM dianggap sebagai kelompok yang paling potensial untuk diperkuat oleh fungsi AI. Tentu saja, AI chatbots, yang diperkenalkan pada tahun 2016, asisten, dan algoritme dapat memberikan dukungan kepada manajer proyek dalam aktivitas sehari-hari mereka dengan memeriksa status proyek dan menghasilkan wawasan dan prakiraan data. Tahap ketiga, yang menjadi fokus kami dalam garis waktu, telah dimulai dengan definisi AI yang paling sederhana; ML telah diterapkan di bidang PM untuk memungkinkan analisis analitis dan prediktif yang dimaksudkan untuk memasok data kepada manajer proyek untuk proses pengambilan keputusan dalam hal bagaimana menjadwalkan dan menangani sumber daya proyek di bawah persyaratan dan kendala tersebut atau bagaimana mengatasi tantangan dan risiko di lapangan (Prieto, (2019)). Dalam waktu kurang dari satu dekade, AI dapat menggunakan wawasan yang dipelajari dari kumpulan data proyek sebelumnya dan historis untuk mengusulkan jadwal baru yang dapat merespons hasil sumber daya dan keberhasilan proyek secara relatif. Melalui penggunaan pengumpulan data proyek secara real-time, sistem AI mungkin juga memberi tahu manajer proyek tentang ancaman atau peluang potensial atau tren di masa depan. Ketika datang untuk mengelola proyek dengan mengurangi ketidakpastian yang terkait dengan pengambilan keputusan, visi baru dari PM akan muncul. Anehnya, sistem AI akhirnya dapat membuat keputusan untuk dirinya sendiri, mengantarkan periode baru AI dan langkah keempat evolusi PM akan dimulai.



Gambar 7. Hambatan utama dalam mengadopsi AI di PM

Meskipun adopsi AI berkecepatan tinggi, masih ada beberapa kendala mendasar yang harus diatasi setidaknya dalam hal pemahaman (Gambar 7). Penelitian oleh Bodea et al., (2020) menunjukkan bahwa porsi terbesar responden survei (sekitar 70 persen), ketika ditanya tentang kendala yang ada untuk menggunakan teknologi AI di PM, mengungkapkan bahwa kurangnya pengetahuan tentang teknologi AI adalah tantangan yang paling signifikan, diikuti oleh 62 persen yang memiliki masalah dalam memilih aplikasi AI terbaik karena pengalaman yang terbatas. Hambatan ketiga adalah privasi data, etika data dan risiko keamanan, memegang 60 persen, dan kemampuan TI yang terbatas seperti keterampilan teknis TI, proses atau prosedur TI standar menempati posisi keempat di antara keterbatasan dengan 58 persen seperti yang disebutkan dalam tanggapan. Penghalang kelima adalah fakta ketidakmatangan sejumlah besar solusi AI, biasanya tidak cukup untuk penerapan penuh.

Kesimpulan

AI diantisipasi untuk mengkategorikan, mengukur, dan meramalkan potensi risiko yang terkait dengan kinerja proyek dan dampaknya yang relevan, untuk melakukan penyelidikan dan analisis yang andal sebelumnya mengenai aspek luas PM. Hasil yang diprediksi dapat berfungsi sebagai pengetahuan dasar untuk memandu manajemen proaktif, dan untuk memastikan efektivitas dan keandalan proyek menuju sarannya. Selain itu, AI yang menjanjikan kuat dalam menangani masalah yang kompleks dan dinamis di bawah ketidakpastian yang luas, yang lebih cenderung memberikan hasil yang akurat dan meyakinkan untuk pengambilan keputusan taktis. Misalnya, karena penundaan yang tidak diinginkan pasti akan menyebabkan efisiensi rendah, kelebihan biaya, dan efek negatif lainnya, prediksi kemungkinan penundaan dapat membantu mengungkap faktor kunci yang terkait dengan hambatan dan mengejar estimasi akurasi tinggi dalam durasi proyek. Alat AI sangat bermanfaat bagi manajer proyek dalam hal pengendalian dan pemantauan proyek; namun, banyak dari model yang ditinjau melibatkan kelemahan dan keterbatasan, yang menunjukkan bahwa manajer proyek harus terus menggunakan pengalaman mereka ketika membuat evaluasi berdasarkan hasil, terutama dalam hal manajemen atau kepemimpinan pemangku kepentingan. Tren penggabungan alat AI yang berbeda terus menyebar, di mana kekuatan satu alat dapat mengimbangi kelemahan alat lain

menggunakan teknik hibrid. Kontribusi dari tinjauan ini adalah memberikan pemahaman dasar tentang AI dan potensi nilai AI dalam meningkatkan PM, mendiskusikan penelitian terkini tentang aplikasi AI di PM yang menyoroti manfaat teknik AI dalam memberikan solusi cerdas dengan belajar dari data sebelumnya, menggambarkan evolusi tren penelitian di masa depan seperti AIOT & Cloud VR/AR yang membantu para peneliti mengapresiasi karya-karya terkemuka di PM yang didukung oleh AI, serta memberikan gambaran peran manajer proyek masa depan, keterampilan yang harus diperoleh, menekankan kebutuhan akan manajer proyek, dan nilai keterampilan manusia dalam pekerjaan manajer proyek di masa depan.

Penelitian dimasa depan

Dalam waktu dekat dan dimasa yang akan datang, model komputasi hybrid yang dapat sepenuhnya memastikan potensi AI di bidang PM mungkin merupakan langkah selanjutnya, dimana hanya membutuhkan sebagian pengawasan dari manajer proyek manusia saja sehingga bagian ini dapat ditinjau lebih lanjut lagi. Terkait evolusi tren untuk penelitian di masa depan seperti AIoT & Cloud VR/AR yang membantu para peneliti mengapresiasi karya-karya terkemuka di PM yang didukung oleh AI bisa lebih diperdalam lebih jauh lagi. Gambaran peran manajer proyek dan keterampilan yang harus dimiliki oleh manajer proyek juga harus dibuat lebih spesifik lagi sehingga kebutuhan dan nilai keterampilan manusia dalam pekerjaan manajer proyek menjadi lebih tepat jika diterapkan.

REFERENCES

- A. Mellit, S.A. Kalogirou, Artificial intelligence techniques for photovoltaic applications: a review, *Prog. Energy Combust. Sci.* 34 (5) (2008) 574–632
- A.R. Fayek, Fuzzy logic and fuzzy hybrid techniques for construction engineering and management, *J. Constr. Eng. Manag.* 146 (7) (2020), 04020064.
- Arup; UCL; APM. (2018). Arup. [Online]. Available at: <https://www.arup.com/publications/research/section/future-of-project-management>.
- Aston, J. (2019, January 15). Prepare For These 7 Project Management Trends Transforming The PM Role.
- Atlassian. (n.d.) JIRA Solver. Retrieved August 1, 2019, from <http://www.atlassian.com/solver>
- B. Zhong, X. Pan, P.E. Love, J. Sun, C. Tao, Hazard analysis: a deep learning and text mining framework for accident prevention, *Adv. Eng. Inform.* 46 (2020) 101152, <https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101152>.
- B.F. Spencer Jr., V. Hoskere, Y. Narazaki, Advances in computer vision-based civil infrastructure inspection and monitoring, *Engineering* 5 (2) (2019) 199–222,
- C. Bodea, C. Mitea, O. Stanciu, Artificial Intelligence Adoption in Project Management: Main Drivers, Barriers and Estimated Impact. October (2020), ISSN 2704-6524, pp. 758-767
- C. H. Ko, M. Y. Cheng, and T. K. Wu, “Evaluating sub-contractors performance using EFNIM,” *Automation in Construction*, vol. 16, no. 4, pp. 525–530, 2017

- Cappelli, P., Tambe, P. and Yakubovich, V., 2018. Artificial intelligence in Human Resources Management: Challenges and a Path Forward.
- Dam, H. K., Tran, T., Grundy, J., Ghose, A., & Kamei, Y. (2018). Towards effective AI-powered agile project management.
- E. Cox, Fuzzy Modeling and Genetic Algorithms for Data Mining and Exploration. 2005. Doi: 10.1016/B978-0-12-194275-5.X5000-2
- F. Afzal, S. Yunfei, M. Nazir, S.M. Bhatti, A review of artificial intelligence based risk assessment methods for capturing complexity-risk interdependencies, *Int. J. Manag. Proj. Bus.* (2019)
- Forbes Magazine (2016). Why AI will change our world and why it needs to be purposeful.
- Gaddis, P. The project manager functions and training of the new type of manager in an advanced-technology industry. *Harv. Bus. Rev.* 1959, 37, 89–97.
- H. Salehi, R. Burgueno, Emerging artificial intelligence methods in structural engineering, *Eng. Struct.* 171 (2018) 170–189, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.05.084>.
- Heukamp, F.; Canals, J. 10 Ways Artificial Intelligence Is Transforming Management|IESE. Available online: <https://www.iese.edu/stories/10-ways-artificial-intelligence-is-transforming-management/> (accessed on 19 August 2020).
- J. S. Chou, M. Y. Cheng, and Y. W. Wu, “Improving classification accuracy of project dispute resolution using hybrid artificial intelligence and support vector machine models,” *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 6, pp. 2263–2274, 2013, doi: 10.1016/j.eswa.2012.10.036
- J. Seo, S. Han, S. Lee, H. Kim, Computer vision techniques for construction safety and health monitoring, *Adv. Eng. Inform.* 29 (2) (2015) 239–251
- J. Wang, P. Wu, X. Wang, W. Shou, The outlook of blockchain technology for construction engineering management, *Front. Eng. Manag.* (2017) 67–75, <https://doi.org/10.15302/J-FEM-2017006>.
- J.C. Cheng, W. Chen, K. Chen, Q. Wang, Data-driven predictive maintenance planning framework for MEP components based on BIM and IoT using machine learning algorithms, *Autom. Constr.* 112 (2020) 103087, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103087>.
- Kellogg, C.; Valentine, A.; Christin, A. Algorithms at Work: The New Contested Terrain of Control. *Acad. Manag. Ann.* 2020, 14, 366–410.
- Kerzner, H. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (11th Edition). Somerset, NJ, USA, John Wiley & Sons.
- Lahmann, M.; Keiser, P.; Stierli, A. AI will Transform Project Management. Are you Ready? 2018. Available online: <https://www.pwc.ch/en/insights/risk/transformation-assurance-ai-will-transform-project-management-are-you-ready.html>
- M. Chui, Artificial intelligence the next digital frontier? *McKinsey Co. Glob. Inst.* 47 (2017) 3.6.
- M. K. Tiwari and C. Chatterjee, “Uncertainty assessment and ensemble flood forecasting using bootstrap based artificial neural networks (BANNs),” *Journal of Hydrology*, vol. 382, no. 1–4, pp. 20–33, 2010, doi: 10.1016/j.jhydrol.2009.12.013

- M. Lahmann, "AI will transform project management. Are you ready?," Pwc Switzerland, 2018. [Online]. Available: <https://www.pwc.ch/en/insights/risk/transformation-assurance-ai-will-transform-projectmanagement-are-you-ready.html>.
- M. Purdy, P. Daugherty, Why artificial intelligence is the future of growth, in: Remarks at AI Now: The Social and Economic Implications of Artificial Intelligence Technologies in the Near Term, 2016, pp. 1–72
- M. Wauters and M. Vanhoucke, "Support Vector Machine Regression for project control forecasting," *Automation in Construction*, vol. 47, pp. 92–106, 2014, doi: 10.1016/j.autcon.2014.07.014
- M. Y. Cheng, H. C. Tsai, and E. Sudjono, "Evolutionary fuzzy hybrid neural network for conceptual cost estimates in construction projects," in 2009 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2009, 2009, pp. 512–519, doi: 10.22260/isarc2009/0040.
- M.S. Islam, M.P. Nepal, M. Skitmore, M. Attarzadeh, Current research trends and application areas of fuzzy and hybrid methods to the risk assessment of construction projects, *Adv. Eng. Inform.* 33 (2017) 112–131.
- Noponen, N. Impact of Artificial Intelligence on Management. *Electron. J. Bus. Ethics Organ. Stud.* 2019, 24, 43–50.
- P. Martinez, M. Al-Hussein, R. Ahmad, A scientometric analysis and critical review of computer vision applications for construction, *Autom. Constr.* 107 (2019) 102947
- Pearson (2009). *Artificial intelligence: A Modern Approach*. Stuart Russell and Peter Norvig.
- PWC (2019), *A Virtual Partnership: How AI will disrupt Project Management and change the role of Project Managers*
- PWC (2019), *A Virtual Partnership: How AI will disrupt Project Management and change the role of Project Managers* <https://www.pwc.com/ml/en/publications/documents/virtual-partnership-artificialintelligence-disrupt-project-management-change-role-project-managers-final.pdf>
- Q. Qi, F. Tao, Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison, *IEEE Access.* 6 (2018) 3585–3593. <https://10.1109/ACCESS.2018.2793265>.
- R. Bhattacharyya, P. Kumar, and S. Kar, "Fuzzy R&D portfolio selection of - 9 - Article in Press interdependent projects," *Computers and Mathematics with Applications*, vol. 62, no. 10, pp. 3857–3870, 2011, doi: 10.1016/j.camwa.2011.09.036.T
- R. Kanan, O. Elhassan, R. Bensalem, An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies, *Autom. Constr.* 88 (2018) 73–86, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.033>.
- R. Prieto, "Impacts of Artificial Intelligence on Management of Large Complex Projects," *PM World Journal*, vol. 8, no. 5, pp. 1–20, 2019
- R.F. Aziz, S.M. Hafez, Y.R. Abuel-Magd, Smart optimization for mega construction projects using artificial intelligence, *Alex. Eng. J.* 53 (3) (2014) 591–606
- Russell SJ, Norvig P (2016) *Artificial intelligence: a modern approach*. Pearson Education Limited, London
- S. Ahmadihey khsarmast, R. Sonmez, Smart contracts in construction industry, in: 5th International Project & Construction Management Conference, 2018, pp. 767–774.

- S. Tang, D.R. Shelden, C.M. Eastman, P. Pishdad-Bozorgi, X. Gao, A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: present status and future trends, *Autom. Constr.* 101 (2019) 127–139
- Strasser, J. (2019). 11 Trends in Project Management and Resource Planning in 2019.
- T. Han, D. Jiang, Q. Zhao, L. Wang, K. Yin, Comparison of random forest, artificial neural networks and support vector machine for intelligent diagnosis of rotating machinery, *Trans. Inst. Meas. Control.* 40 (8) (2018) 2681–2693].
- W. Van der Aalst, Data science in action, in: *Process Mining*, Springer, Heidelberg, 2016, https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4_1.
- W. Van der Aalst, Data science in action, in: *Process Mining*, Springer, Heidelberg, 2016]
- Walch, K. (2019), The Seven Patterns Of AI. <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/09/17/the-seven-patterns-ofai/#4988d87812d0>
- Wang, Y.-R.; Yu, C.-Y.; Chan, H.-H. Predicting construction cost and schedule success using artificial neural networks ensemble and support vector machines classification models. *Int. J. Proj. Manag.* 2012, 30, 470–478, doi:10.1016/j.ijproman.2011.09.002.
- William N. Hosley (1987). The application of artificial intelligence to project management, *PMI Project Management Journal*.
- Wilson, H. J., Lavieri, D. & Shukla, P. (2018). How Human and Machine are Better Together.
- X. Li, W. Yi, H.-L. Chi, X. Wang, A.P. Chan, A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety, *Autom. Constr.* 86 (2018) 150–162, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003>
- Y. Hu, D. Castro-Lacouture, Clash relevance prediction based on machine learning, *J. Comput. Civ. Eng.* 33 (2) (2019)
- Y.Y. Wee, W.P. Cheah, S.C. Tan, K. Wee, A method for root cause analysis with a Bayesian belief network and fuzzy cognitive map, *Expert Syst. Appl.* 42 (1) (2015) 468–487
- Z. Turk, R. Klinc, Potentials of blockchain technology for construction management, *Procedia Eng.* 196 (2017) 638–645, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.052>.