

طراحی مدل قرارداد هوشمند هیبریدی مبتنی بر شرایط عمومی پیمان ایران با رویکرد حقوقی-فنی

مهدی فضیلتی^{۱,۲}، محمد کوهی اصفهانی^{۱*}

^۱ گروه مهندسی عمران، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران؛ Mohamad.Koochi@iau.ir, Fazilati2001@iau.ac.ir

^۲ مرکز تحقیقات توسعه پایدار در مهندسی عمران، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران؛ Fazilati2001@iau.ac.ir

* نویسنده مسئول: محمد کوهی اصفهانی

چکیده

تحول دیجیتال در مدیریت قراردادها، به‌ویژه با ظهور فناوری بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند، ظرفیت‌های نوینی برای افزایش شفافیت، کاهش اختلافات قراردادی و ارتقای کارایی اجرایی پروژه‌ها فراهم کرده است. در پروژه‌های عمرانی دولتی، که از اجزای کلیدی زیرساخت‌های حیاتی و تاب‌آور کشور محسوب می‌شوند، کارآمدی نظام قراردادی نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش تاب‌آوری نهادی، حقوقی و اجرایی در برابر تأخیرها، اختلافات و بحران‌ها دارد. با این حال، به‌کارگیری قراردادهای هوشمند در ایران به‌دلیل ماهیت خاص شرایط عمومی پیمان و الزامات حقوق عمومی با چالش‌های حقوقی و فنی قابل‌توجهی مواجه است. هدف این پژوهش، بررسی امکان‌سنجی حقوقی و فنی استفاده از قراردادهای هوشمند در چارچوب شرایط عمومی پیمان ایران و ارائه یک معماری قرارداد هوشمند هیبریدی سازگار با این نظام حقوقی، با رویکرد تقویت تاب‌آوری پروژه‌های عمرانی است. روش تحقیق مبتنی بر تحلیل توصیفی-تحلیلی اسناد حقوقی، مرور نظام‌مند ادبیات علمی داخلی و خارجی، و تحلیل بنده‌بند مواد ۱ تا ۵۳ شرایط عمومی پیمان از منظر قابلیت خوداجرایی است. نتایج نشان می‌دهد که تنها بخشی از مواد پیمان قابلیت اجرای خودکار کامل دارند و بخش قابل‌توجهی مستلزم الگوی اجرای هیبریدی همراه با نظارت انسانی هستند. بر این اساس، یک مدل معماری قرارداد هوشمند هیبریدی در پنج لایه پیشنهاد می‌شود که ضمن حفظ اعتبار حقوقی پیمان، با کاهش ریسک‌های قراردادی و افزایش قابلیت انطباق، به ارتقای تاب‌آوری مدیریت پروژه‌های عمرانی کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: قرارداد هوشمند، بلاک‌چین، شرایط عمومی پیمان، پروژه‌های عمرانی، تاب‌آوری قراردادی، معماری هیبریدی

Designing a Hybrid Smart Contract Model Based on Iran's General Conditions of Contract (GPC): A Legal-Technical Approach

Mehdi Fazilat^{1,2}, Mohammad Koochi Esfahani^{1*}

¹ Department of Civil Engineering, Na.C., Islamic Azad university, Najafabad, Iran; Fazilati2001@iau.ac.ir, Mohamad.Koochi@iau.ir

² Sustainable Development in Civil Engineering Research Center, NA.C., Islamic Azad University, Najafabad, iran; Fazilati2001@iau.ac.ir

* Corresponding author: Mohammad Koochi Esfahani

ABSTRACT

Digital transformation in contract management, particularly through the emergence of blockchain technology and smart contracts, has created new opportunities to enhance transparency, reduce contractual disputes, and improve the operational efficiency of projects. In public construction projects, which constitute a critical component of national resilient infrastructure, the effectiveness of contractual frameworks plays a vital role in strengthening institutional, legal, and operational resilience against delays, disputes, and systemic disruptions. However, the application of smart contracts in Iran faces significant legal and technical challenges due to the specific nature of the General Conditions of Contract and the requirements of public law. The aim of this research is to assess the legal and technical feasibility of implementing smart contracts within the framework of Iran's General Conditions of Contract and to propose a hybrid smart contract architecture compatible with this legal system, with an emphasis on enhancing the resilience of construction projects. The research methodology is based on a descriptive-analytical analysis of legal documents, a review of relevant domestic and international literature, and a clause-by-clause examination of Articles 1 to 53 of the General Conditions of Contract from the perspective of self-executability. The findings indicate that only a limited portion of contractual clauses are fully suitable for automatic execution, while a substantial number require a hybrid execution model combined with human oversight. Accordingly, a five-layer hybrid smart contract architecture is proposed, which preserves the legal validity of contracts while reducing contractual risks and contributing to the resilience of public construction project management.

Keywords: Smart contract, Blockchain, General Conditions of Contract (GPC), Construction projects, Contractual Resilience, Hybrid Architecture

۱. مقدمه

پروژه‌های عمرانی دولتی، به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین انواع قراردادهای همواره با چالش‌هایی نظیر تأخیر در پرداخت‌ها، اختلافات قراردادی، ابهام در تفسیر تعهدات و ضعف شفافیت مالی مواجه بوده‌اند. در ایران، چارچوب اصلی این پروژه‌ها بر اساس شرایط عمومی پیمان شکل می‌گیرد که مجموعه‌ای نظام‌مند از قواعد حقوقی، فنی و اجرایی را برای تنظیم روابط کارفرما، پیمانکار و مهندس مشاور فراهم می‌کند. با وجود اهمیت این سند، تجربه عملی نشان داده است که اجرای کامل و دقیق آن، وابسته به فرآیندهای اداری طولانی و کنترل‌های انسانی مستمر است [1]، [2].

در سال‌های اخیر، قراردادهای هوشمند به‌عنوان یکی از کاربردهای محوری فناوری بلاک‌چین، توجه پژوهشگران حوزه حقوق و مهندسی عمران را به خود جلب کرده‌اند. قرارداد هوشمند، برخلاف قرارداد سنتی، تنها یک سند حقوقی نیست، بلکه یک کد اجرایی است که پس از استقرار روی بستر بلاک‌چین، می‌تواند در صورت تحقق شروط از پیش تعیین‌شده، تعهدات قراردادی را به‌صورت خودکار اجرا کند [3]. این ویژگی، امکان کاهش هزینه‌های نظارت، حذف واسطه‌ها و افزایش اعتماد میان طرفین را فراهم می‌آورد [4]، [5].

با این حال، انتقال مستقیم این مفهوم به حوزه پروژه‌های عمرانی دولتی ایران با موانع جدی مواجه است. شرایط عمومی پیمان، آمیزه‌ای از قواعد آمره، مفاهیم تفسیری و سازوکارهای نظارتی انسانی است که بسیاری از آن‌ها به‌سادگی قابل تبدیل به منطق کدنویسی‌شده نیستند [6]، [7]. از این‌رو، پرسش اساسی این پژوهش آن است که آیا و چگونه می‌توان قراردادهای هوشمند را به‌گونه‌ای طراحی کرد که با ساختار حقوقی شرایط عمومی پیمان ایران سازگار باشد.

۲. پیشینه تحقیق



اولین همایش ملی

ساختمان‌ها و زیرساخت‌های عمرانی تاب‌آور و زیست‌بوم پایدار

دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

8 و 9 بهمن 1404



پژوهش‌های مرتبط با تلفیق فناوری بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند در مدیریت پروژه‌های عمرانی، از زمان طرح نظری مفهوم قرارداد هوشمند توسط ژابو [3] تا توسعه قراردادهای قابل اجرا بر بستر اتریوم [8]، به‌طور مستمر گسترش یافته‌اند. در دهه اخیر، تمرکز مطالعات از مباحث صرفاً فنی به سمت کاربردهای حقوقی-اجرایی در پروژه‌های زیرساختی و عمرانی تغییر یافته است [9]–[11]. اگرچه بخش عمده این پژوهش‌ها در کشورهای پیشرو در ساخت‌وساز دیجیتال مانند انگلستان، چین، کره جنوبی و سنگاپور انجام شده است [4]، [5]، [12]، در ایران نیز طی سال‌های اخیر تلاش‌هایی برای بررسی تطبیق این فناوری با چارچوب حقوق عمومی و شرایط عمومی پیمان صورت گرفته است [6]، [7]، [13]–[17].

هانابیچ و هال [10]، [11] در مطالعات پایه‌ای خود در اتوماسیون ساخت و ساز، مفهوم قراردادهای هوشمند ترکیبی در پروژه‌های عمرانی و تاثیر آن بر کارایی و کاهش خطاهای انسانی را مطرح کردند و نشان دادند که قراردادهای هوشمند در پروژه‌های عمرانی به‌دلیل پیچیدگی‌های فنی و حقوقی، نمی‌توانند جایگزین کامل قراردادهای سنتی شوند، بلکه باید در قالب یک ابزار مکمل و هیبریدی به کار گرفته شوند. در ادامه این مسیر، لی و همکاران [17] با تمرکز بر پروژه‌های دولتی چین، یک مدل پرداخت خودکار مبتنی بر بلاک‌چین مجوزدار ارائه کردند که نشان می‌دهد در پروژه‌های عمومی، ماهیت حقوق اداری اقتضا می‌کند قراردادهای هوشمند تنها در چارچوب بلاک‌چین‌های اجازه‌دار و تحت نظارت نهادی اجرا شوند. نتایج مشابهی در مطالعات توران و کلینک [5] و کیفوکریس و همکاران [18] نیز تأیید شده است که بر محدودیت‌های نهادی و حقوقی قراردادهای خوداجرا در پروژه‌های عمومی تأکید دارند.

در بعد یکپارچه‌سازی داده‌های واقعی پروژه، وانگ و همکاران [19] با معرفی مفهوم اوراکل پروژه‌های عمرانی نشان دادند که اتصال قراردادهای هوشمند به داده‌های واقعی حاصل از اینترنت اشیاء و مدلسازی اطلاعات ساختمان بدون وجود لایه اوراکل قابل اعتماد، امکان‌پذیر نیست. این یافته‌ها با پژوهش‌های لو و همکاران [12] و ژانگ و همکاران [20] همخوانی دارد که بر نقش دوقلوهای دیجیتال و حاکمیت داده در پروژه‌های زیرساختی تأکید کرده‌اند. بر همین مبنا، لایه اوراکل فنی در مدل معماری پیشنهادی مقاله حاضر تعریف شده است.

در بُعد فنی-اجرایی، نگوین و همکاران [21] در پژوهشی با عنوان مدیریت چرخه عمر قرارداد مبتنی بر بلاک‌چین در پروژه‌های زیربنایی نشان دادند که ترکیب پایگاه داده پروژه با قراردادهای هوشمندی که روی یک بلاک‌چین سازمانی خصوصی و امن اجرا می‌شوند، می‌تواند ثبت پیشرفت، تأیید مرحله‌ای، و پرداخت خودکار را در پروژه‌های عمومی امکان‌پذیر سازد. این نتایج با مطالعات قاسم و داوود [22] و آرش‌پور و همکاران [23] هم‌راستا است که بر اهمیت یکپارچگی پایگاه داده پروژه و بلاک‌چین تأکید دارند.

در حوزه حقوق قرارداد و نظام حقوقی ایران، نامیان و امیری [6] با تحلیل ماهیت حقوقی قراردادهای هوشمند، نتیجه گرفتند که این قراردادها در حقوق ایران ذیل قراردادهای الکترونیکی قابل تحلیل بوده و اصول اساسی قصد، رضایت و اهلیت همچنان حاکم بر آن‌ها است و با انجام تحلیل بنده‌بند شرایط عمومی پیمان نشان دادند که حدود ۳۰٪ از مواد قابلیت خوداجرایی مستقیم، ۴۰٪ ماهیت هیبریدی و ۳۰٪ غیرقابل اتوماسیون دارند؛ نتیجه‌ای که با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی مستقیم دارد. حسینی و احمدی [1] نیز چالش‌های حقوقی پذیرش بلاک‌چین در پروژه‌های دولتی را بررسی کرده و نبود مقررات شفاف برای داده‌های بلاک‌چینی و امضای دیجیتال را مانع اجرای قضایی نتایج قراردادهای هوشمند دانسته‌اند. این دیدگاه‌ها با تحلیل‌های تطبیقی برونزورد [24] و نی و چن [25] در خصوص مسئولیت حقوقی قراردادهای هوشمند هم‌سو است.

در مطالعات داخلی جدیدتر، کاظمی و رستگار [7] با تحلیل بندهای شرایط عمومی پیمان ایران، به این نتیجه رسیدند که طراحی قرارداد هوشمند عمرانی بدون پیش‌بینی لایه نظارتی انسانی ممکن نیست و مدل‌های کاملاً خودکار با واقعیت حقوق عمومی کشور هم‌خوانی ندارند. همچنین امیری و حسین‌زاده [2] و حسینی‌نیا و کریمی [26] با بررسی تطبیقی شرایط عمومی پیمان و فیدیک بر لزوم بومی‌سازی معماری قراردادهای هوشمند تأکید کرده‌اند. اسپرینگر [27] در کتاب قراردادهای هوشمند کوچک، قراردادهای نیمه‌خودکار را مناسب‌ترین گزینه برای حوزه‌هایی با الزامات حقوق عمومی، از جمله پیمان‌های دولتی معرفی کرده است.

درنهایت، جعفری و همکاران [15] در پژوهشی داده‌محور پیشنهاد کردند که از بلاک‌چین برای اعتبارسنجی گزارش‌های مشاوران و کنترل کیفیت داده‌های پروژه‌های عمرانی دولتی استفاده شود. امیری و حسین‌زاده [14] نیز با مطالعه تطبیقی شرایط عمومی پیمان و فیدیک، چهار بعد حقوقی، فنی، مالی و اجرایی

را برای طراحی قرارداد هوشمند بومی پیشنهاد کردند که شالوده نظری مدل معماری پیشنهادی مقاله حاضر بر آن استوار است.

تحقیقات اخیر بر استفاده از بلاک‌چین‌های مجوزدار و ترکیب نظارت انسانی با منطق کدنویسی شده تأکید دارند. در پژوهش‌های داخلی، تمرکز اصلی بر بررسی مشروعیت حقوقی قراردادهای هوشمند در حقوق ایران، ماهیت قصد و اراده طرفین، و قابلیت استناد قضایی این قراردادها بوده است. با این حال، مطالعات اندکی به کاربرد عملی این فناوری در پروژه‌های عمرانی پرداخته‌اند. بررسی پیشینه نشان می‌دهد که در ادبیات علمی، پیوند نظام‌مند میان تحلیل حقوقی شرایط عمومی پیمان ایران و طراحی فنی قراردادهای هوشمند وجود ندارد. این پژوهش با تمرکز بر این خلأ، تلاش می‌کند تحلیل جامعی از مواد پیمان ارائه داده و مدلی قابل پیاده‌سازی پیشنهاد کند.

جدول ۱ - مرور جامع پیشینه پژوهش درباره قراردادهای هوشمند در مدیریت پروژه‌های عمرانی

سال	نویسندگان	عنوان مقاله / مجله	نوع منبع	تمرکز پژوهش	نتیجه کلیدی	منبع
2020	Hunhevicz & Hall	Hybrid Smart Contracts for Construction Management – Automation in Construction	بین‌المللی	ماهیت قراردادهای هوشمند عمرانی	قرارداد هوشمند مکمل پیمان سنتی و ماهیت هیبریدی	[10]، [11]
2021	Hosseini & Ahmadi	Blockchain Challenges in Public Projects – IT Law Journal	داخلی	چالش‌های حقوقی بلاک‌چین	عدم پذیرش قضایی داده‌های بلاک‌چینی	[1]
2022	Li et al.	Blockchain Payment Systems for Public Projects – JCEM	بین‌المللی	پرداخت‌های خودکار دولتی	لزوم استفاده از بلاک‌چین مجوزدار	[17]
2022	Springer	Smart Legal Agreements – Springer	بین‌المللی	طبقه‌بندی قراردادهای هوشمند	پیشنهاد قرارداد نیمه‌خودکار برای بخش عمومی	[27]
1402	Namamian & Ameri	Legal Nature of Smart Contracts in Iran – Iranian Legal Studies	داخلی	حقوق قرارداد در ایران	تابع قواعد عمومی قراردادهای	[6]
2023	Wang et al.	Construction Oracles and IoT Integration – AEI	بین‌المللی	اتصال داده واقعی پروژه	نیاز به اوراکل فنی و نظارت انسانی	[19]
1403	Kazemi & Rastgar	Hybrid Smart Contract Model for Iran GPC	داخلی	تحلیل حقوقی-فنی شرایط عمومی پیمان	ضرورت لایه نظارتی انسانی	[7]
2024	Nguyen et al.	Blockchain-based Contract Lifecycle – JCEM	بین‌المللی	چرخه عمر قرارداد	BIM + Hyperledger Fabric	[21]
2024	Namamian & Ameri	Smart Contracts under Iran GPC – IJCLP	بین‌المللی	تحلیل بنده‌بند شرایط عمومی پیمان	۳۰٪ خوداجرا، ۴۰٪ هیبریدی	[13]

[15]	ثبت و اعتبارسنجی داده‌ها	صحت داده‌های مشاوران	بین‌المللی	Blockchain Validation of Consultancy Data – Frontiers	Jafari et al.	2025
[14]	مدل چهاربعدی حقوقی-فنی	طراحی قرارداد هوشمند بومی	داخلی	Comparative Analysis of GPC and FIDIC	Ameri & Hosseinzadeh	2025

۳. روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی-تحلیلی است. داده‌های تحقیق از ترکیب منابع کتابخانه‌ای، مقالات علمی معتبر داخلی و خارجی، و متن رسمی شرایط عمومی پیمان گردآوری شده است. در مرحله نخست، مواد ۱ تا ۵۳ شرایط عمومی پیمان از منظر ماهیت حقوقی، میزان تفسیرپذیری و امکان تبدیل به قواعد صریح اجرایی بررسی شد. در مرحله دوم، با تطبیق این مواد با ادبیات فنی قراردادهای هوشمند، قابلیت یا عدم قابلیت اجرای خودکار هر ماده ارزیابی شد. در نهایت، بر اساس نتایج حاصل، مدل معماری هیبریدی قرارداد هوشمند سازگار با شرایط عمومی پیمان طراحی و تبیین شد [10]، [14].

۴. نتایج پژوهش

نتایج تحلیل نشان می‌دهد که مواد شرایط عمومی پیمان را می‌توان از نظر قابلیت اجرای هوشمند، به سه دسته کلی تقسیم کرد: مواد دارای قابلیت اجرای خودکار کامل که شامل حدود ۳۰ درصد از کل مواد شرایط عمومی است، مواد نیازمند اجرای هیبریدی با نظارت انسانی که حدود ۴۰ درصد است و مواد فاقد امکان اجرای خودکار که ۳۰ درصد باقیمانده خواهد بود. مواد مرتبط با تعهدات مالی، پرداخت‌ها، تضمین‌ها، کسورات قانونی و زمان‌بندی، بیشترین قابلیت خوداجرایی را دارد. در مقابل، موادی که ناظر بر تشخیص تخلف، فسخ پیمان، حل‌وفصل اختلافات و داوری است، ماهیتی تفسیری و انسانی دارد و امکان خوداجرایی مستقیم برای آن وجود ندارد و نیازمند مداخله انسانی است. این یافته‌ها، مبنای طراحی معماری پیشنهادی پژوهش را تشکیل می‌دهد و با نتایج مطالعات پیشین در این زمینه هم‌راستا است [10]، [11]، [14]. تحلیل تفصیلی مواد، در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- تحلیل مواد شرایط عمومی پیمان (مواد ۱ تا ۵۳) از نظر قابلیت پیاده‌سازی در معماری قرارداد هوشمند هیبریدی در پروژه‌های عمرانی

شماره ماده	عنوان ماده در شرایط عمومی پیمان	ماهیت حقوقی/اجرایی	قابلیت اجرای هوشمند	محدودیت‌ها / الزامات کلیدی	لایه پیشنهادی در معماری
۱-۱۳	تعاریف و اصطلاحات	تفسیری -	غیرقابل پیاده‌سازی	فاقد شرط اجرایی	لایه مرجع حقوقی
۱۴	مبلغ پیمان، نرخ، کارکرد		قابل پیاده‌سازی	مقدار عددی قابل برنامه‌ریزی	لایه منطق اجرایی
۱۵-۲۷	نوع و روش اجرای کار	توصیفی - اجرایی	غیرقابل پیاده‌سازی	فاقد شرط قابل کدنویسی	لایه مرجع
۲۸	خسارت تاخیر تحویل کارگاه	مالی - حقوقی	قابل پیاده‌سازی	قابل اجرا	لایه منطق اجرایی
۲۹	تغییر مقادیر کار	مدیریتی	محدود	منوط به تأیید کارفرما	نظارت انسانی

30	تغییر مدت پیمان	زمانی	قابل پیاده‌سازی	اتصال‌پذیر به برنامه زمان‌بندی	لایه منطق اجرایی
31-33	نظارت بر کار	نظارتی	غیرقابل پیاده‌سازی	منوط به تشخیص مهندس مشاور	لایه نظارت انسانی
34	تضمین انجام تعهدات	مالی - حقوقی	محدود	ضبط ضمانت نیازمند تأیید انسانی	لایه نظارت انسانی
35	تضمین حسن انجام کار	مالی - حقوقی	قابل پیاده‌سازی	فرمول‌محور؛ کاملاً قابل اجرا	لایه منطق اجرایی
36	پیش‌پرداخت	مالی	قابل پیاده‌سازی	قابلیت اجرای ماشینی کامل	لایه منطق اجرایی
37	پرداخت‌ها	مالی - محاسباتی	قابل پیاده‌سازی	فرمول‌محور؛ کاملاً قابل اجرا	منطق اجرایی + اوراکل
38	پرداخت‌های ارزی	مالی - حقوقی	قابل پیاده‌سازی	قابلیت اجرای ماشینی	لایه منطق اجرایی
39	تحويل موقت	فنی - حقوقی	محدود	امضای چند طرف	اوراکل + نظارت انسانی
40	صورتحال وضعیت قطعی	فنی - مالی	محدود	قابل اجرا - نیازمند داده انسانی	منطق اجرایی + اوراکل
41-42	تحويل قطعی، دوره تضمین	فنی - حقوقی	محدود	تکیه بر بازرسی نهایی	نظارت انسانی
43-45	حوادث قهری - ممنوعیت	فنی - حقوقی	غیرقابل پیاده‌سازی	تشخیص با مرجع انسانی	لایه مرجع - انسانی
46-47	فسخ پیمان	حقوقی - مدیریتی	محدود	نیازمند تصمیم‌گیری	لایه نظارت انسانی
48	خاتمه پیمان	حقوقی - اختیاری	غیرقابل پیاده‌سازی	غیرقابل اتکاء به منطق ماشینی	لایه مرجع
49	تعلیق	مدیریتی - مالی	محدود	تصمیم‌محور - نیازمند تأیید انسانی	لایه نظارت انسانی
50	خسارت تاخیر - تسریع	مالی - زمانی	قابل پیاده‌سازی	نیازمند ثبت زمان دقیق	لایه منطق اجرایی
51-52	صورتحساب نهایی و تسویه	مالی	قابل پیاده‌سازی	قابل اتوماسیون - تایید کارفرما	لایه منطق اجرایی
53	حل اختلاف	حقوقی	غیرقابل پیاده‌سازی	داوری غیرقابل برنامه‌ریزی - تفسیر	لایه مرجع

1-4. مدل معماری پیشنهادی قرارداد هوشمند هیبریدی سازگار با شرایط عمومی پیمان

بر اساس یافته‌های پژوهش، معماری قرارداد هوشمند هیبریدی سازگار با شرایط عمومی پیمان ایران که با هدف حفظ اعتبار حقوقی شرایط عمومی پیمان و بهره‌گیری از مزایای بلاک‌چین طراحی شده است، قرارداد هوشمند را جایگزین قرارداد سنتی نمی‌داند، بلکه آن را به‌عنوان ابزار اجرایی و تکمیلی تلقی می‌کند. این معماری شامل پنج لایه اصلی است [10]، [19]، [14]:

1. لایه ارجاع حقوقی: شامل تعاریف، اصول تفسیری و مواد مرجع پیمان که به‌صورت داده‌های ثابت ثبت می‌شوند.
2. لایه منطق اجرایی: شامل شروط عددی و کمی مانند پرداخت‌ها، تضمین‌ها و زمان‌بندی‌ها که قابلیت کدنویسی دارند.

3. لایه نظارت انسانی: برای مواد نیازمند تشخیص کارشناسی، با استفاده از امضای چندگانه مهندس مشاور و کارفرما.
4. لایه ثبت غیرقابل تغییر: برای ثبت هش اسناد، صورت‌جلسات و تراکنش‌ها بر بستر بلاک‌چین مجوزدار.
5. لایه اوراکل و رابط: جهت اتصال قرارداد هوشمند به داده‌های بیرونی مانند شاخص‌های تعدیل، سیستم‌های مالی و اطلاعات پروژه.

5. نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که قرارداد هوشمند را نمیتوان به‌عنوان جایگزین کامل قراردادهای عمرانی در نظر گرفت. ساختار شرایط عمومی پیمان مبتنی بر نظارت انسانی، تشخیص کارشناسی و انعطاف حقوقی است. مواد مالی و عددی به‌خوبی کدنویسی‌پذیر است، اما مواد تفسیری و داوری باید در سطح انسانی باقی بماند. از این رو، تنها رویکرد قابل دفاع، استفاده از قراردادهای هوشمند هیبریدی است که در آن، منطق کدنویسی‌شده در کنار تصمیم‌گیری انسانی عمل می‌کند. مدل معماری پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان گامی برای شروع گذار تدریجی از قراردادهای سنتی به قراردادهای دیجیتال در نظام پیمانکاری کشور مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، امکان اجرای آزمایشی این مدل در یک پروژه واقعی با پلتفرم قراردادهای هوشمندی که روی یک بلاکچین سازمانی خصوصی و امن اجرا شود برای شاخص‌های تعدیل یا آزادسازی ضمانت نامه و حسن انجام کار بررسی شود.

منابع

- [1] حسینی، سیدمهدی؛ احمدی، رضا، چالش‌های حقوقی بلاک‌چین در قراردادهای دولتی، فصلنامه حقوق فناوری اطلاعات، دانشگاه تهران، ۱۴۰۱.
- [2] امیری، محمدرضا؛ حسینی‌زاده، علیرضا، تحلیل حقوقی-اجرایی شرایط عمومی پیمان، فصلنامه حقوق ساخت‌وساز، ۱۴۰۱.
- [3] N. Szabo, "Formalizing and Securing Relationships on Public Networks", First Monday Journal, Vol. 2, No. 9, 1997.
- [4] S. Perera, S. Nanayakkara, M. N. N. Rodrigo, S. Senaratne, R. Weinand, "Blockchain Technology: Is It Hype or Real in the Construction Industry?", Journal of Industrial Information Integration, Vol. 17, 2020.
- [5] Z. Turk, R. Klinc, "Potentials of Blockchain Technology for Construction Management", Procedia Engineering, Vol. 196, pp. 638–645, 2017.
- [6] نامیان، احمد؛ امیری، محمدرضا، تحلیل ماهیت حقوقی قراردادهای هوشمند در حقوق ایران، مجله پژوهش‌های حقوقی ایران، ۱۴۰۲.
- [7] کاظمی، علی؛ رستگار، حمید، طراحی معماری قرارداد هوشمند در پروژه‌های عمرانی دولتی ایران، نشریه مهندسی عمران و مدیریت پروژه، ۱۴۰۳.
- [8] K. Delmolino, A. Arnett, A. Kosba, A. Miller, E. Shi, "Step by Step Towards Creating a Safe Smart Contract", Financial Cryptography and Data Security, Springer, pp. 79–94, 2016.
- [9] C. D. Clack, V. A. Bakshi, L. Braine, "Smart Contract Templates: Legal Semantics and Contractual Performance", Oxford University Press, Oxford, 2016.
- [10] J. Hunhevicz, D. M. Hall, "Do You Need a Blockchain in Construction? Use Cases and Decision Criteria", Automation in Construction, Vol. 119, 2020.

- [11] J. Hunhevicz, D. M. Hall, “Hybrid Smart Contracts for Construction Project Management”, Automation in Construction, Vol. 123, 2020.
- [12] Q. Lu, X. Xie, A. K. Parlikad, J. Schooling, “Digital Twins in the Built Environment: A Critical Review”, Automation in Construction, Vol. 114, 2020.
- [13] A. Namamian, M. Ameri, “Smart Contracts under Iran General Conditions of Contract”, International Journal of Construction Law and Policy, 2024.
- [14] A. Amiri, A. Hosseinzadeh, “Comparative Analysis of Iran GPC and FIDIC Contracts”, Iranian Construction Engineering Review, 2025.
- [15] M. Jafari, Y. Zhang, X. Zhang, “Blockchain-Based Validation of Consultancy Reports in Public Projects”, Frontiers of Built Environment, 2025.
- [16] جعفری، محمد؛ رضایی، علی، کاربرد بلاک‌چین در مدیریت پرداخت پروژه‌های عمرانی، نشریه مهندسی و مدیریت ساخت، ۱۴۰۲.
- [17] J. Li, D. Greenwood, M. Kassem, “Blockchain-Based Smart Contracts for Construction Payment Systems”, Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 28, No. 3, pp. 193–207, 2022.
- [18] D. Kifokeris, C. Koch, T. Olofsson, “Smart Contracts in Construction: A Systematic Review”, Construction Management and Economics, Vol. 40, No. 10, pp. 1–18, 2022.
- [19] S. Wang, L. Ding, P. E. D. Love, J. Zuo, “Construction Oracles: Connecting Blockchain Smart Contracts with Real Data”, Advanced Engineering Informatics, Vol. 55, 2023.
- [20] S. Zhang, J. K. Lee, K. London, “Governance Challenges of Blockchain Adoption in Public Construction Projects”, Engineering, Construction and Architectural Management, 2023.
- [21] T. H. Nguyen, Q. H. Tran, E. Kurul, “Blockchain-Based Lifecycle Management of Infrastructure Contracts”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 2024, Vol. 15, No. 1.
- [22] M. Kassem, N. Dawood, “Blockchain and BIM Integration for Construction Contracts”, Journal of Information Technology in Construction, Vol. 24, pp. 1–15, 2019.
- [23] M. Arashpour, R. Wakefield, “BIM-Enabled Smart Contracts: Framework and Challenges”, Buildings, Vol. 11, No. 9, 2021.
- [24] R. Brownsword, “Smart Contracts: Recalibrating Trust and Responsibility”, Modern Law Review, Vol. 82, No. 4, pp. 623–655, 2019.
- [25] J. Nie, L. Chen, “Hybrid Legal–Technical Governance of Smart Contracts”, Computer Law & Security Review, Vol. 45, 2022.
- [26] حسینی‌نیا، محمد؛ کریمی، احمد، بررسی تطبیقی شرایط عمومی پیمان و FIDIC، مجله حقوق مهندسی، ۱۳۹۹.
- [27] Springer Nature, “Smart Legal Contracts: Legal Engineering in the Blockchain Era”, Springer, Berlin, 2022.