



Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir



Data-Driven Analysis of Claim-Causing Factors in Water and Wastewater Projects Using a Decision Support System Approach

Hadi Shakiba Zahed^{1*}, Vahid Rahimi²

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

2- Master's student, Department of Civil Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

ABSTRACT

Contractual claims are among the most critical challenges in construction projects, often leading to cost overruns, time delays, and quality deterioration. This study aims to identify and analyze the key factors causing claims in water and wastewater projects in Mashhad using a combined data-driven and analytical approach. In the first stage, the influencing factors were identified through document review and expert interviews. Based on these results, a questionnaire was developed and the collected data were analyzed using SPSS software and the Friedman test to obtain an initial ranking of the claim-causing factors. In the next stage, a predictive model for claim occurrence was developed using the Random Forest algorithm. The results demonstrated that the model achieved an accuracy of 87%, indicating a high level of reliability. In addition, structural analysis based on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) revealed that ambiguity in contract terms, unforeseen site conditions, and weak resource management are among the most influential causes of claims. Furthermore, the TOPSIS method was applied to grade and prioritize projects in order to support effective and structured decision-making. The results confirm that integrating data-driven approaches with decision support systems can significantly reduce disputes and costs, enhance transparency, strengthen trust between contractual parties, and improve the overall efficiency of construction projects. The proposed framework provides a practical foundation for the development of intelligent decision support systems aimed at proactive and systematic claim management in project-oriented organizations.

ARTICLE INFO

Receive Date: 08 August 2025

Revise Date: 04 January 2026

Accept Date: 03 February 2026

Keywords:

Contractual Claims

Machine Learning

Structural Equation Modelling

Random Forest

DSS

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: <https://doi.org/10.22065/jsce.2026.538327.3785>

*Corresponding author: Hadi Shakiba Zahed

Email address: h.shakiba@hsu.ac.ir

شناسایی، تحلیل و مدیریت عوامل بروز ادعا در پروژه‌های آب و فاضلاب با رویکرد داده‌محور و سیستم پشتیبان تصمیم

هادی شکیبازاهد^{۱*}، وحید رحیمی^۲

۱- استادیار، گروه مدیریت ساخت، دانشکده فنی و مهندسی-عمران، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مدیریت ساخت، دانشکده فنی و مهندسی-عمران، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

چکیده

ادعاهای قراردادی یکی از مهم‌ترین چالش‌های پروژه‌های عمرانی به شمار می‌روند که می‌توانند موجب افزایش هزینه‌ها، تأخیر در اجرای پروژه و کاهش کیفیت شوند. پیچیدگی فنی و مدیریتی پروژه‌های زیربنایی، به‌ویژه در حوزه آب و فاضلاب، همراه با عدم قطعیت‌های محیطی و قراردادی، زمینه بروز اختلافات و ادعاها را تشدید می‌کند. از این رو، استفاده از رویکردهای علمی، نظام‌مند و داده‌محور برای شناسایی و مدیریت عوامل بروز ادعا ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. در این پژوهش با هدف شناسایی و تحلیل عوامل بروز ادعا در پروژه‌های آب و فاضلاب مشهد، از یک رویکرد ترکیبی شامل تحلیل کیفی، روش‌های آماری و الگوریتم‌های یادگیری ماشین استفاده شده است. ابتدا عوامل مؤثر از طریق بررسی اسناد و انجام مصاحبه با خبرگان استخراج شد. سپس با طراحی پرسش‌نامه و تحلیل داده‌ها با آزمون فریدمن، رتبه‌بندی اولیه عوامل انجام گرفت. در ادامه، برای پیش‌بینی وقوع ادعا از الگوریتم جنگل تصادفی و برای تحلیل روابط ساختاری بین متغیرها از مدل‌سازی معادلات ساختاری به روش حداقل مربعات جزئی استفاده شد. همچنین به منظور اولویت‌بندی پروژه‌ها، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که مدل جنگل تصادفی با دقت ۸۷ درصد از توان پیش‌بینی مناسبی برخوردار است و ابهام در قراردادهای، شرایط پیش‌بینی نشده و ضعف در مدیریت منابع از مهم‌ترین عوامل بروز ادعا محسوب می‌شوند. رتبه‌بندی پروژه‌ها نیز بیانگر کارایی رویکرد پیشنهادی در پشتیبانی از تصمیم‌گیری مدیران پروژه است.

کلمات کلیدی: ادعاهای قراردادی، یادگیری ماشین، مدل‌سازی معادلات ساختاری، سیستم پشتیبانی تصمیم، جنگل تصادفی،

تاپسیس

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	doi:	
۱۴۰۴/۰۵/۱۷	۱۴۰۴/۱۰/۱۴	۱۴۰۴/۱۱/۱۴	۱۴۰۴/۱۱/۱۴	۱۴۰۵/۰۵/۳۱		
					https://doi.org/10.22065/jsce.2026.538327.3785	
					10.22065/jsce.2026.538327.3785	
*نویسنده مسئول:					هادی شکیبازاهد	
پست الکترونیکی:					H.shakiba@hsu.ac.ir	

۱- مقدمه

در ارزیابی عملکرد پروژه‌های عمرانی، سه شاخص کلیدی شامل زمان، هزینه و کیفیت، معیارهای اساسی موفقیت پروژه محسوب می‌شوند. با این حال، در عمل، عوامل دیگری مانند ادعاهای قراردادی و اختلافات ناشی از آن‌ها، به‌طور فزاینده‌ای بر عملکرد پروژه‌ها تأثیر می‌گذارند. ادعاها اغلب در تعارض با اهداف اصلی پروژه قرار دارند و موجب تأخیر، افزایش هزینه و کاهش کیفیت نهایی می‌شوند. همچنین، بروز ادعا می‌تواند به تضعیف اعتماد بین طرفین قرارداد از جمله کارفرما، مشاور و پیمانکار منجر شود.

در میان علل شایع بروز ادعا، می‌توان به مواردی چون ابهام در اسناد قرارداد، ضعف در مدیریت منابع، تأخیر در پرداخت‌ها، تغییرات طراحی و شرایط غیرمترقبه اشاره کرد. این عوامل به‌ویژه در پروژه‌های بزرگ زیرساختی مانند طرح‌های آب و فاضلاب که با پیچیدگی‌های فنی و مالی و تنوع ذی‌نفعان همراه هستند، نمود بیشتری می‌یابند.

با توجه به اهمیت پیشگیری و کنترل ادعا در افزایش بهره‌وری و موفقیت پروژه‌ها، هدف این پژوهش شناسایی عوامل کلیدی بروز ادعا و ارائه یک چارچوب تصمیم‌یار مبتنی بر داده برای تحلیل و پیش‌بینی آن‌ها در پروژه‌های آب و فاضلاب مشهد است. برای دستیابی به این هدف، از رویکردی ترکیبی شامل تحلیل کیفی و آماری، یادگیری ماشین، مدل‌سازی معادلات ساختاری و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است. یافته‌های این پژوهش مبتنی بر داده‌های واقعی پروژه‌های آب و فاضلاب مشهد است و اگرچه چارچوب پیشنهادی قابلیت تعمیم بالقوه پروژه‌های آب و فاضلاب شهرهای بزرگ را دارد، تعمیم نتایج به سایر مناطق کشور نیازمند داده‌های تکمیلی و مطالعات گسترده‌تر است.

۲- ادبیات تحقیق

دعای^۱ در پروژه‌های ساختمانی پدیده‌ای چندوجهی هستند که از عوامل فنی، سازمانی، قراردادی و محیطی نشأت می‌گیرند. پژوهشگران، دعای را به‌عنوان اختلافات بین طرفین قرارداد یا درخواست‌های قانونی برای جبران هزینه‌ها یا تأخیرات زمانی تعریف کرده‌اند [۱][۲]. این دعای اغلب به دلیل ابهام در مفاد قرارداد، شرایط پیش‌بینی نشده در محل پروژه، مستندسازی ناکافی یا مدیریت ضعیف تغییرات ایجاد می‌شوند [۳].

مطالعات متعددی در سطح بین‌المللی به بررسی علل ریشه‌ای دعای پرداخته‌اند. بکاری و همکاران، تغییرات طراحی، اسناد مناقصه نامشخص و ناپایداری اقتصادی را از عوامل اصلی اختلافات در پروژه‌های ساختمانی مالزی معرفی کردند [۴]. در پروژه‌های عمرانی پاکستان نیز مطالعات اخیر نشان داده‌اند که عوامل مختلفی از جمله تأخیر در پرداخت‌ها، تغییرات طراحی، ضعف در برآورد اولیه و اختلاف در تفسیر مفاد قرارداد در بروز ادعا نقش دارند. این عوامل اغلب با سطوح متفاوتی از ریسک همراه بوده و می‌توانند به افزایش هزینه و زمان اجرای پروژه‌ها منجر شوند [۵]. محمد و همکاران، نقش ارتباطات ضعیف و تخصیص نامناسب ریسک را در پروژه‌های مصر برجسته ساختند [۶]. در حالی که نوشین و همکاران فقدان چارچوب‌های قانونی پیشگیرانه را در بریتانیا به‌عنوان عامل مهمی در افزایش دعای ذکر کردند [۷]. کوماراسوامی در تحلیل نظری خود، دعای را ناشی از ساختارهای قراردادی مبهم و مدیریت تغییر ضعیف دانست [۸].

در یک مطالعه موردی بر روی پروژه‌های راه و پل، مهانی و گریگ نشان دادند که ریشه بسیاری از دعای در ضعف مستندسازی، ابهام در تفسیر مفاد قرارداد، تغییرات مکرر حین اجرا و اختلاف بر سر کمیت کارهای انجام‌شده است. نتایج پژوهش آن‌ها که بر اساس داده‌های واقعی پروژه‌های وزارت حمل‌ونقل کلرادو انجام شد، تأکید می‌کند که نبود فرآیندهای رسمی برای مدیریت تغییرات و عدم شفافیت در جریان اطلاعات بین کارفرما و پیمانکار، از مهم‌ترین عوامل تشدید ادعا و اختلافات قراردادی محسوب می‌شوند [۹]. همچنین، پیومرا و همکاران مدل مفهومی‌ای ارائه دادند که انتقال دانش ناکافی و تعصبات فردی را در تشدید دعای موثر می‌دانست [۱۰].

¹ Claims

در ایران، پرچمی جلال و مرادی به تحلیل دعاوی در قراردادهای طراحی-ساخت غیرصنعتی پرداختند و عیوب طراحی، ابهام در اسناد مناقصه و تأخیر در تصمیم‌گیری کارفرما را از مهم‌ترین علل معرفی کردند. آنها همچنین الگوریتمی برای دسته‌بندی دعاوی توسعه دادند [۱۱]. انصاری و بنی‌هاشمی با به‌کارگیری روش‌های SWARA^۲ و فازی تاپسیس در پروژه‌های آب و فاضلاب نشان دادند که تأخیرات، تغییرات طراحی، کار اضافی و شرایط نامشخص محل پروژه عوامل غالب در ایجاد دعاوی هستند [۱۲]. همچنین، مطالعه موردی امانی و درفشی در پروژه‌های سد لاستیکی نشان داد که مدیریت مالی ضعیف و نوسانات ارزی به شکل قابل توجهی باعث بروز دعاوی می‌شوند [۱۳].

در مطالعه تطبیقی حقوقی، پرچمی جلال و فرشاد قراردادهای مشاوره استاندارد ایران و فیدیک^۳ را مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که قراردادهای ایرانی ریسک نامتناسبی بر مشاوران، به‌ویژه در بندهای مربوط به هزینه‌ها، تحمیل می‌کند. آنها اصلاحاتی خاص برای کاهش ابهامات قراردادی پیشنهاد دادند [۱۴].

در بخش نفت و گاز، ساجدی و سرمست شوشتری با استفاده از روش پیمایشی به بررسی علل دعاوی در پروژه‌های عمران پرداختند و دریافتند پیچیدگی پروژه‌ها، تنوع ذینفعان و عدم توافق واحد بر مفاد قراردادی، از عوامل اصلی بروز اختلافات هستند [۱۵].

اگرچه ادبیات موجود، دیدگاهی جامع نسبت به علل دعاوی ارائه می‌دهد، اما فاقد رویکردهای یکپارچه مبتنی بر داده است. اکثر پژوهش‌ها به تحلیل‌های کیفی یا روش‌های آماری پایه بسنده کرده‌اند و به ندرت از یادگیری ماشین یا سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری ساخت‌یافته بهره برده‌اند [۱۶] [۱۷]. همچنین، اولویت‌بندی کمی عوامل مؤثر بر دعاوی به‌طور گسترده مورد بررسی قرار نگرفته است.

مطالعات پیشین به‌خوبی نشان داده‌اند که ابهامات قراردادی، تغییرات طراحی، تأخیر در پرداخت‌ها، شرایط پیش‌بینی‌نشده و ضعف در مدیریت منابع از علل اصلی شکل‌گیری ادعا در پروژه‌ها هستند. با این حال، سه خلأ عمده در ادبیات تحقیق مشاهده می‌شود:

۱. نبود تحلیل یکپارچه داده‌محور: اغلب پژوهش‌ها از روش‌های کیفی یا تحلیل‌های ساده آماری استفاده کرده‌اند و از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و مدل‌سازی ساختاری کمتر بهره برده‌اند.
۲. فقدان سیستم تصمیم‌یار^۴: کمتر پژوهشی به طراحی یک چارچوب هوشمند برای پیش‌بینی و رتبه‌بندی ادعاها در سطح پروژه پرداخته است.
۳. عدم توجه به رتبه‌بندی عوامل تأثیرگذار: بیشتر مطالعات فقط به فهرست‌سازی عوامل بسنده کرده‌اند و میزان اهمیت و اولویت آن‌ها به‌صورت دقیق مشخص نشده است.

با وجود این خلأها، پژوهش‌های بسیار محدودی در سال‌های اخیر تلاش کرده‌اند این کمبودها را با رویکردهای داده‌محور و هوشمند جبران کنند. رویکردهای داده‌محور و هوشمند در حوزه مدیریت ادعاها و اختلافات پروژه‌های عمرانی به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند. مطالعات مروری نشان می‌دهند که از سال ۲۰۲۰ به بعد، فناوری‌هایی مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان^۵، سامانه‌های تصمیم‌یار و الگوریتم‌های یادگیری ماشین به‌عنوان روندهای نوظهور در مدیریت ادعا و حل اختلافات ساختمانی مطرح شده‌اند [۱۸، ۱۹]. پژوهش‌های کاربردی نیز نشان داده‌اند که پیش‌بینی نتایج اختلافات و ادعاها با قراردادی با استفاده از الگوریتم‌هایی مانند جنگل تصادفی با دقت‌های بالا امکان‌پذیر است [۲۰]. علاوه بر این، مرورهای اخیر بر نقش فزاینده سامانه‌های پشتیبان تصمیم هوشمند و کاربردهای ترکیبی هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در بهبود شفافیت، کاهش دعاوی قراردادی و ارتقای عملکرد مالی پروژه‌های عمرانی تأکید کرده‌اند [۲۱، ۲۲]. این شواهد نشان می‌دهد که تلفیق DSS، BIM و روش‌های یادگیری ماشین می‌تواند یک چارچوب پیشگیرانه و کارآمد برای شناسایی پروژه‌های پرریسک و بهینه‌سازی مدیریت ادعا در پروژه‌های عمرانی فراهم آورد [۱۸، ۲۱].

² Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis

³ Fédération Internationale Des Ingénieurs-Conseils (FIDIC)

⁴ Decision Support System

⁵ Building information modeling (BIM)

در راستای پر کردن این شکافها، مطالعه حاضر با بهره‌گیری از داده‌های واقعی پروژه‌های آب و فاضلاب، به تحلیل علل ادعا با ترکیب روش‌های آماری (آزمون فریدمن)، الگوریتم جنگل تصادفی^۶، مدل‌سازی ساختاری^۷ و تصمیم‌گیری چندمعیاره^۸ پرداخته است تا چارچوبی برای پیش‌بینی و مدیریت ادعا در پروژه‌های عمرانی ارائه دهد.

۳- مواد و روش‌ها

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ روش، توصیفی-تحلیلی با رویکرد ترکیبی (کیفی-کمی) است و در آن، برای دستیابی به نتایج جامع و عملیاتی، از ابزارهای تحلیل آماری، مدل‌سازی ساختاری، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است. جامعه آماری شامل خبرگان، مدیران و کارشناسان پروژه‌های آب و فاضلاب مشهد بود که به‌صورت هدفمند انتخاب شدند.

۳-۱- طراحی ابزار گردآوری داده‌ها و تحلیل کیفی

در گام نخست، به‌منظور شناسایی اولیه عوامل مؤثر بر بروز ادعا، مطالعات کتابخانه‌ای و مرور نظام‌مند منابع داخلی و خارجی انجام شد. سپس، مجموعه‌ای از عوامل بالقوه استخراج و در قالب پرسش‌نامه‌ای ساختاریافته تنظیم گردید. این پرسش‌نامه شامل سؤالات بسته بر مبنای طیف لیکرت (۱ تا ۵) و چند سؤال باز جهت تکمیل دیدگاه‌ها بود.

همچنین برای غنای تحلیل کیفی، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۰ نفر از خبرگان پروژه‌های آب و فاضلاب، شامل پیمانکاران، مشاوران و مدیران کارفرما، صورت گرفت. داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها با روش تحلیل مضمون دسته‌بندی و اعتبارسنجی شدند.

به‌منظور شناسایی اولیه عوامل مؤثر بر بروز ادعا در پروژه‌های آب و فاضلاب، از روش تحلیل مضمون استفاده شد. در این مرحله، اسناد قراردادی، گزارش‌های پروژه و یادداشت‌های حاصل از مصاحبه‌های خبرگان بررسی گردید. سپس فرآیند کدگذاری در سه گام انجام پذیرفت: در کدگذاری باز، عبارات کلیدی مربوط به عوامل ایجاد ادعا استخراج شد. در کدگذاری محوری، کدهای مشابه با یکدیگر تجمیع و در قالب مقوله‌های میانی سامان‌دهی گردید. در نهایت، در مرحله استخراج تم‌ها، مقوله‌های نهایی با اجماع خبرگان و بر اساس میزان تکرار و اهمیت موضوعی به‌عنوان تم‌های اصلی تعیین شد.

خروجی تحلیل مضمون شامل سه تم محوری بود که مبنای طراحی پرسش‌نامه و انجام تحلیل‌های کمی بعدی قرار گرفت. این سه تم عبارت‌اند از: «ابهام در مفاد قرارداد»، «شرایط پیش‌بینی‌نشده پروژه» و «ضعف در مدیریت منابع». این تم‌ها در مراحل بعدی پژوهش طی آزمون‌های آماری، تحلیل مبتنی بر یادگیری ماشین و مدل‌سازی معادلات ساختاری مورد ارزیابی و تأیید قرار گرفتند. جدول ۱ نمونه‌ای از کدهای باز، مقوله‌های محوری و تم‌های نهایی استخراج‌شده از مصاحبه‌ها و اسناد پروژه را نشان می‌دهد.

جدول ۱: نتایج نهایی تحلیل مضمون در سه سطح کدهای باز، مقوله‌های محوری و تم‌های اصلی

مرحله کدگذاری باز	مقوله‌های محوری	تم‌های نهایی
ابهام در شرایط عمومی و خصوصی پیمان	نارسایی‌های مستندات قراردادی	ابهام در مفاد قرارداد
اختلاف در تفسیر مفاد فنی	ضعف در تدوین اسناد مناقصه	
نقص در گزارش‌های فنی اولیه	نقص در مطالعات اولیه و اطلاعات زیرساخت	شرایط پیش‌بینی‌نشده پروژه
تغییرات ناگهانی در سطح آب زیرزمینی	عوامل محیطی غیرقابل پیش‌بینی	
کمبود نیروی انسانی متخصص	ضعف مدیریت تخصیص منابع	ضعف در مدیریت منابع
تأخیر در تأمین ماشین‌آلات	ناکارآمدی برنامه‌ریزی تجهیزات	

6 Random Forest
7 PLS-SEM
8 TOPSIS-AHP

مرحله کدگذاری باز	مقوله‌های محوری	تم‌های نهایی
عدم هماهنگی بین مشاور و پیمانکار	ضعف ارتباطات و کنترل پروژه	نظارت ناکارآمد
نقص در مستندسازی تغییرات	نبود گزارش‌دهی ساخت‌یافته	

۲-۳- تحلیل کمی داده‌ها و آزمون فریدمن

پاسخ‌های پرسش‌نامه پس از گردآوری، وارد نرم‌افزار SPSS گردید و برای تعیین اولویت عوامل مؤثر بر بروز ادعا، از آزمون ناپارامتریک فریدمن استفاده شد. نتایج این تحلیل، مبنایی برای طراحی مدل‌های پیش‌بینی و تصمیم‌گیری در مراحل بعدی پژوهش فراهم کرد.

۳-۳- مدل‌سازی پیش‌بینی ادعا با الگوریتم جنگل تصادفی

برای پیش‌بینی احتمال بروز ادعا در پروژه‌های عمرانی، از الگوریتم جنگل تصادفی به‌عنوان یکی از روش‌های یادگیری ماشین نظارت‌شده استفاده گردید. داده‌های ۵۰ پروژه عمرانی شرکت آب و فاضلاب مشهد شامل متغیرهایی مانند:

- مدت قرارداد (روز)
- مبلغ قرارداد (ریال)
- انحراف از برنامه زمان‌بندی (%)
- میزان تأخیر در پرداخت (روز)
- تعداد تغییرات نقشه و دستور کار
- رعایت استانداردهای ایمنی (در مقیاس لیکرت)

جمع‌آوری و برچسب‌گذاری شد (پروژه دارای ادعا / بدون ادعا). پس از تفکیک داده‌ها به دو مجموعه آموزش (۷۰٪) و آزمون (۳۰٪)، مدل جنگل تصادفی با ۱۰۰ درخت تصمیم در محیط نرم‌افزار پایتون^۹ و کتابخانه سایکیت-لرن^{۱۰} اجرا شد. نتایج مدل نشان‌دهنده دقت ۸۷ درصدی و مقدار AUC برابر با ۰.۹۱ بود.

داده‌های مورد استفاده در بخش یادگیری ماشین و تحلیل‌های چندمعیاره از آرشیو رسمی سامانه مدیریت پروژه شرکت آب و فاضلاب مشهد استخراج شده‌اند. این داده‌ها شامل اطلاعات زمان‌بندی، مالی، پیشرفت فیزیکی، ایمنی و تغییرات نقشه بوده که همگی توسط واحد کنترل پروژه و واحد مالی شرکت ثبت و تأیید می‌شوند. به‌منظور صحت‌سنجی، داده‌های استخراج‌شده با گزارش‌های میدانی و صورت‌وضعیت‌های مالی تطبیق داده شده و موارد دارای نقص یا مغایرت حذف شدند. این فرآیند باعث افزایش کیفیت داده‌ها و دقت مدل‌های پیش‌بینی و تحلیل شد.

تفاوت میان پارامترهای استخراج‌شده از تحلیل مضمون (بخش کیفی) و متغیرهای مورد استفاده در مدل جنگل تصادفی ناشی از تفاوت ماهیت داده‌هاست:

- داده‌های کیفی مبتنی بر برداشت خبرگان هستند،
- درحالی‌که مدل یادگیری ماشین از داده‌های واقعی پروژه‌ها استفاده می‌کند.
- این تفاوت به‌منظور پوشش هم‌زمان دیدگاه خبرگان و شواهد میدانی در یک چارچوب یکپارچه ضروری است.

تفاوت میان پارامترهای استخراج‌شده از تحلیل مضمون و متغیرهای مورد استفاده در مدل جنگل تصادفی، ناشی از تفاوت ماهیت داده‌هاست. داده‌های کیفی مبتنی بر ادراک و تجربه خبرگان بوده و برای شناسایی سازه‌های پنهان و روابط علی به‌کار می‌روند، درحالی‌که

9 Python
10 Scikit-learn

مدل یادگیری ماشین از داده‌های واقعی و ثبت‌شده پروژه‌ها برای پیش‌بینی رفتار آینده سیستم استفاده می‌کند. این تمایز، امکان پوشش هم‌زمان دیدگاه خبرگان و شواهد میدانی را فراهم کرده و به یکپارچگی چارچوب تصمیم‌یار پیشنهادی منجر شده است.

۳-۴- مدل‌سازی روابط علی با روش معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی

برای تحلیل ساختار روابط بین متغیرهای کلیدی مؤثر بر بروز ادعا، از مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی^{۱۱} در نرم‌افزار اسمارت چی ال اس^{۱۲} استفاده شد. متغیرهای پنهان طراحی‌شده در مدل عبارت بودند از:

- ابهام قراردادی
- مدیریت منابع
- نظارت ناکافی
- شرایط پیش‌بینی‌نشده
- وقوع ادعا

روایی همگرا ($AVE > 0.5$) و پایایی ترکیبی ($CR > 0.7$) برای سازه‌ها تأیید شد و شاخص برازش مدل ($GOF = 0.61$) در محدوده قابل قبول قرار گرفت.

به‌منظور اطمینان از کفایت داده‌ها در مدل‌های مختلف پژوهش، ارزیابی حجم نمونه به‌صورت جداگانه انجام شد. در بخش مدل‌سازی معادلات ساختاری، مطابق توصیه‌های هیر و همکاران [۲۳]، حداقل حجم نمونه لازم برای مدل‌های PLS-SEM برابر با ۱۰ برابر بیشترین تعداد مسیرهای ورودی به یک سازه پنهان است. با توجه به اینکه سازه «بروز ادعا» دارای ۴ مسیر ورودی است، حداقل حجم نمونه ۴۰ مورد بوده و حجم نمونه ۴۸ پرسشنامه گردآوری‌شده کفایت لازم را دارد. در بخش یادگیری ماشین نیز بر اساس مطالعات تجربی، برای الگوریتم جنگل تصادفی، مجموعه داده‌های شامل ۵۰ پروژه با تنوع مناسب در متغیرهای کلیدی (مدت قرارداد، مبلغ، انحراف زمانی، تأخیر پرداخت و...) می‌تواند مدل طبقه‌بندی با دقت بالا تولید کند. نتایج دقت ۸۷ درصدی مدل و مقدار AUC برابر ۰.۹۱ نشان می‌دهد که حجم داده‌ها برای آموزش مدل کافی و قابل اعتماد بوده است.

۳-۵- رتبه‌بندی و اولویت‌بندی پروژه‌ها با سلسله مراتبی و تاپسیس

برای اولویت‌بندی پروژه‌ها از نظر ریسک بروز ادعا و کمک به تصمیم‌گیری در تخصیص اعتبار، از ترکیب روش‌های ترکیبی پرکاربرد در تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس^{۱۳} استفاده شد. ابتدا شاخص‌های کلیدی (مدت قرارداد، مبلغ قرارداد، اهمیت پروژه، انحراف زمانی، انحراف پیشرفت، رعایت ایمنی، مدت تأخیر در پرداخت و...) با نظر خبرگان تعیین و وزن‌گذاری شد. سپس، ۳۰ پروژه منتخب از پایگاه داده نرم‌افزار کنترل پروژه شرکت آبفای مشهد وارد مدل شده و طی مراحل پنج‌گانه روش تاپسیس، امتیازدهی و رتبه‌بندی شدند.

11 Partial Least Squares Structural Equation Modeling

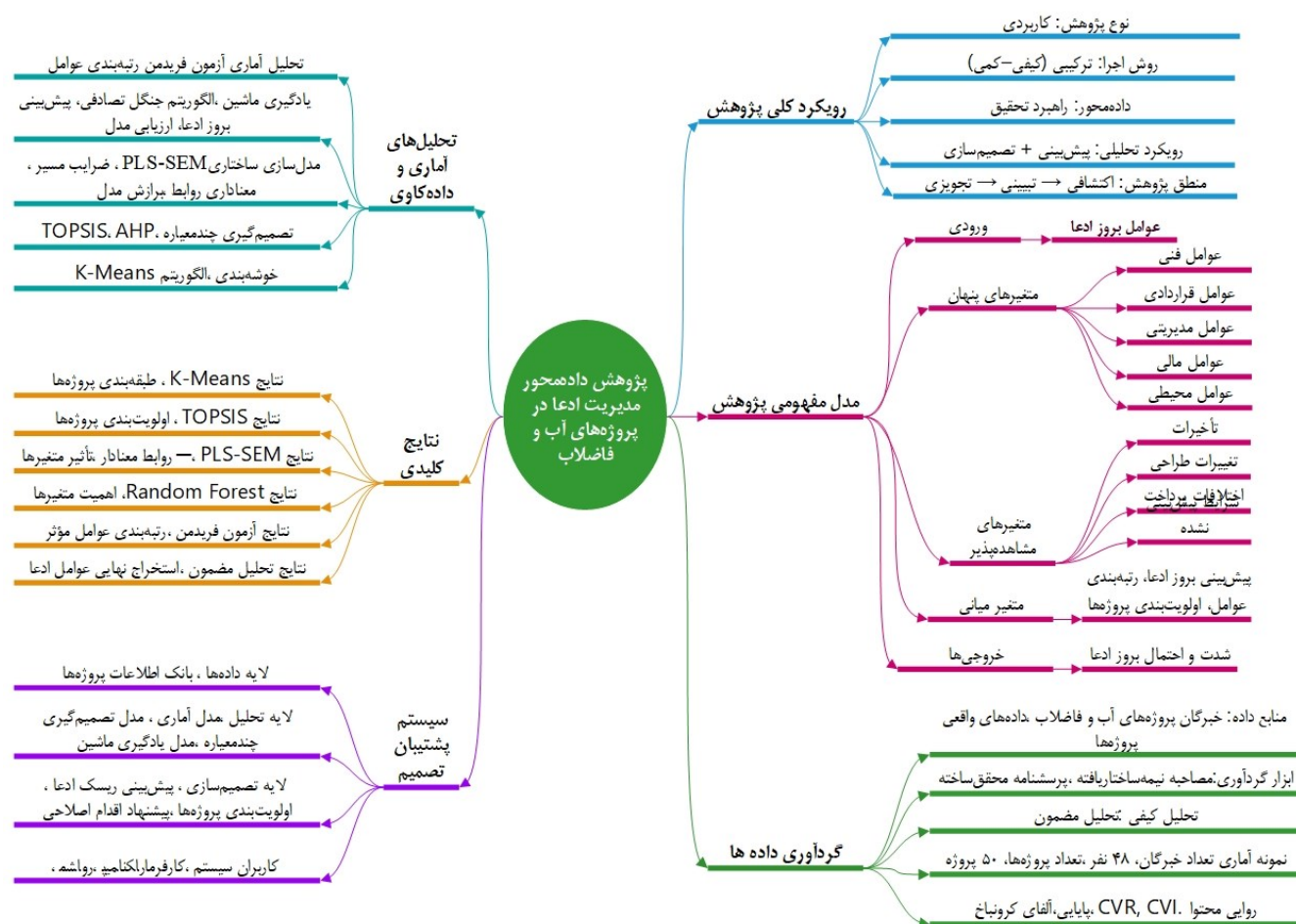
12 SmartPLS 4

13 AHP-TOPSIS

۳-۶- تحلیل همبستگی و خوشه‌بندی پروژه‌ها با روش K میانگین

برای بررسی روابط آماری بین شاخص‌های پروژه‌ها، از تحلیل همبستگی پیرسون استفاده شد و نتایج به صورت نقشه حرارتی ارائه گردید. همچنین برای دسته‌بندی پروژه‌ها از نظر ریسک ادعا، الگوریتم خوشه‌بندی k میانگین^{۱۴} اجرا شد که پروژه‌ها را به سه خوشه کم‌ریسک، متوسط‌ریسک و پرریسک تقسیم کرد. این خوشه‌ها مبنایی برای تحلیل‌های مدیریتی در بخش‌های بعدی فراهم آوردند.

به منظور نمایش یکپارچه مراحل مختلف پژوهش و نحوه تلفیق روش‌های کیفی، آماری، یادگیری ماشین و تصمیم‌گیری چندمعیاره، فلوچارت کلی فرایند پژوهش در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱. فلوچارت فرایند کلی پژوهش و ارتباط بین روش‌های کیفی، آماری، یادگیری ماشین و تصمیم‌گیری چندمعیاره

۳-۷- خلاصه روش‌های کمی و شاخص‌های ارزیابی

با توجه به رویکرد ترکیبی پژوهش، نتایج حاصل از روش‌های کمی به صورت خلاصه در این بخش ارائه می‌شود. در تحلیل آماری، آزمون فریدمن برای رتبه‌بندی اولیه عوامل مورد استفاده قرار گرفت و نتایج نشان داد که اختلاف میان رتبه عوامل از نظر آماری معنادار است. این امر امکان اولویت‌بندی اولیه عوامل مؤثر بر بروز ادعا را فراهم ساخت.

در بخش یادگیری ماشین، عملکرد مدل جنگل تصادفی با استفاده از شاخص‌هایی مانند دقت^{۱۵}، صحت^{۱۶} و فراخوان^{۱۷} مورد ارزیابی قرار گرفت. دقت ۸۷ درصدی مدل نشان داد که الگوریتم توان پیش‌بینی مناسبی در تشخیص الگوی بروز ادعا دارد.

در مدل‌سازی معادلات ساختاری (PLS-SEM)، ضرایب مسیر و مقادیر R^2 به‌عنوان شاخص‌های برازش محاسبه شد که نتایج آن نقش معنادار سه عامل اصلی استخراج‌شده از تحلیل مضمون را تأیید کرد. همچنین روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس برای رتبه‌بندی پروژه‌های مورد بررسی بر اساس شاخص نزدیکی نسبی به ایده‌آل مثبت به‌کار گرفته شد که خروجی آن تصویری کمی از وضعیت ریسک ادعا در پروژه‌های مختلف ارائه نمود. این خلاصه از نتایج کمی، انسجام روش‌شناسی پژوهش و ضرورت استفاده از مجموعه‌ای از ابزارهای آماری، یادگیری ماشین و تصمیم‌گیری چندمعیاره را در فرآیند تحلیل ادعاها نشان می‌دهد.

۴- یافته‌ها و تحلیل

این بخش به تبیین یافته‌های حاصل از پرسش‌نامه، مدل‌های تحلیلی و الگوریتم‌های به‌کاررفته در پژوهش می‌پردازد. تحلیل‌ها در سه محور انجام شده‌اند: شناسایی و رتبه‌بندی عوامل بروز ادعا، پیش‌بینی پروژه‌های پرریسک با مدل یادگیری ماشین، و تحلیل ساختاری روابط میان متغیرها.

۴-۱- تحلیل داده‌های پرسش‌نامه و رتبه‌بندی عوامل

پرسش‌نامه تدوین‌شده برای استخراج دیدگاه خبرگان نسبت به علل اصلی بروز ادعا در پروژه‌های آب و فاضلاب مشهد در اختیار ۴۸ نفر از مدیران، کارشناسان مشاور و پیمانکاران قرار گرفت. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون فریدمن در SPSS صورت گرفت. نتایج نشان داد که عوامل زیر بالاترین اولویت را در بروز ادعا دارند:

- تأخیر در تأمین تجهیزات و منابع
- عدم تأمین مالی به‌موقع توسط کارفرما
- تغییرات در نقشه‌ها و دستورکارها
- ابهام در مفاد قرارداد
- تأخیر در اخذ مجوزها و تحویل زمین

شاخص اهمیت و شدت اثر هر یک از عوامل نیز بر اساس امتیازهای حاصل از پرسش‌نامه محاسبه و رتبه‌بندی شد.

۴-۲- تحلیل ویژگی‌های مؤثر در بروز ادعا با مدل جنگل تصادفی^{۱۸}

برای پیش‌بینی احتمال وقوع ادعا، مدل جنگل تصادفی به‌عنوان یک روش یادگیری ماشین نظارت‌شده با استفاده از ۵۰ پروژه اجراشده در شرکت آب و فاضلاب پیاده‌سازی گردید. این الگوریتم، با قابلیت طبقه‌بندی دقیق و تحمل بالای نویز در داده‌ها، برای پیش‌بینی احتمال بروز ادعا در پروژه‌های عمرانی به‌کار گرفته شد. برای این منظور، مجموعه‌ای از داده‌های مربوط به ۵۰ پروژه منتخب از شرکت آب و فاضلاب مشهد شامل ویژگی‌هایی مانند:

- مدت زمان قرارداد
- مبلغ پروژه
- درصد انحراف از برنامه زمان‌بندی

15 Accuracy

16 Precision

17 Recall

18 Random Forest

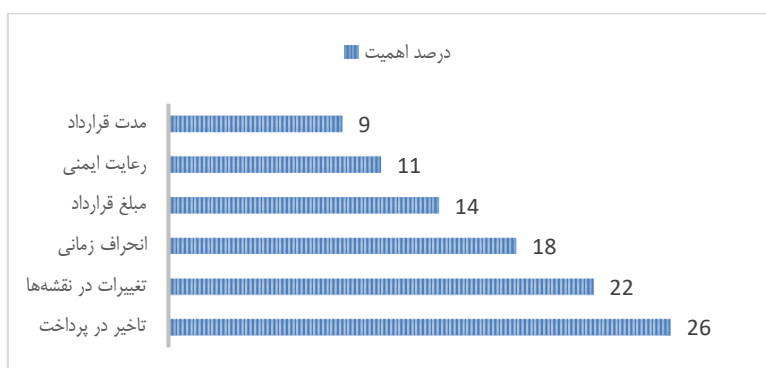
- میزان تطابق با استانداردهای ایمنی
- میزان تأخیر در پرداخت‌ها
- تغییرات در نقشه‌ها و دستور کار

به‌عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد. سپس خروجی مدل (متغیر هدف) به‌صورت «بروز ادعا» (بله / خیر) تعریف شد. مدل جنگل تصادفی با استفاده از ۷۰٪ داده‌ها برای آموزش و ۳۰٪ برای آزمون اجرا شد.

نتایج حاصل از تحلیل نشان داد که مدل مذکور توانست با دقت ۸۷٪ پروژه‌هایی که در آینده با احتمال بالا دچار ادعا می‌شوند را شناسایی کند. همچنین تحلیل اهمیت ویژگی‌ها^{۱۹} مشخص کرد که مهم‌ترین عوامل پیش‌بینی‌کننده بروز ادعا (شکل ۲)، به‌ترتیب عبارت بودند از:

- تأخیر در پرداخت
- تغییرات در طراحی و نقشه‌ها
- انحراف از برنامه زمان‌بندی
- مبلغ پروژه
- رعایت استانداردهای ایمنی

این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین در کنار روش‌های تصمیم‌گیری سنتی مانند روش تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس، می‌تواند ابزار قدرتمندی برای تصمیم‌سازی در مدیریت ادعا و تخصیص منابع مالی باشد.



شکل ۲: اهمیت نسبی متغیرها در مدل جنگل تصادفی (بر حسب درصد سهم در دقت مدل)

با توجه به نتایج تحلیل اهمیت ویژگی‌ها در مدل جنگل تصادفی، متغیر «تأخیر در پرداخت» بیشترین سهم را در پیش‌بینی بروز ادعا به خود اختصاص داده است. این یافته نشان می‌دهد که مدل نسبت به تغییرات این متغیر حساسیت بالایی دارد. بررسی‌های تکمیلی نشان داد که افزایش مقادیر این متغیر، به‌صورت غیرخطی احتمال بروز ادعا را افزایش می‌دهد. انجام تحلیل حساسیت کمی و سناریومحور برای این متغیر، می‌تواند در پژوهش‌های آتی به‌عنوان ابزاری برای طراحی سیاست‌های پرداخت پیشگیرانه مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۴- تحلیل همبستگی میان شاخص‌های پروژه

به‌منظور بررسی روابط میان متغیرهای کلیدی مؤثر بر بروز ادعا در پروژه‌های عمرانی، تحلیل همبستگی (پیرسون) بین متغیرهای استخراج‌شده از داده‌های پروژه‌ها انجام گرفت.

این متغیرها شامل:

¹⁹ Feature Importance

- تأخیر در پرداخت (روز)
- درصد پرداخت
- مدت انتظار برای پرداخت (روز)
- میزان انحراف زمانی (%)
- تعداد تغییرات در نقشه‌ها و دستورکارها
- سطح رعایت ایمنی (مقیاس لیکرت ۱ تا ۷)
- اهمیت پروژه (مقیاس لیکرت ۱ تا ۷)

نتایج این تحلیل در قالب نمودار حرارتی^{۲۰} در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳: نقشه همبستگی بین شاخص‌های کلیدی پروژه‌ها

۴-۴- خوشه‌بندی پروژه‌ها با الگوریتم k میانگین

برای دسته‌بندی پروژه‌ها از نظر ریسک ادعا، الگوریتم K میانگین بر روی داده‌های استاندارد شده اجرا شد. خوشه‌بندی پروژه‌ها در سه گروه به شرح جدول ۲ انجام گرفت:

جدول ۲: خوشه‌بندی پروژه‌ها با استفاده از الگوریتم K میانگین

خوشه	ویژگی‌ها	وضعیت ریسک
A	پرداخت منظم، انحراف کم، ایمنی بالا	کم ریسک
B	پرداخت متوسط، تغییرات محدود، ایمنی نسبتاً مناسب	متوسط ریسک
C	تأخیر بالا، تغییرات زیاد، ایمنی ضعیف	پرریسک

این خوشه‌بندی می‌تواند به مدیران پروژه در شناسایی پروژه‌های پرخطر و تدوین راهکارهای مداخله‌ای هدفمند کمک کند.

۴-۴-۱- تحلیل مدیریتی خوشه‌ها

در خوشه‌بندی K-Means، پروژه‌ها بر اساس الگوی چندبعدی داده‌ها طبقه‌بندی می‌شوند و لزومی ندارد که همه شاخص‌های یک پروژه در بالاترین یا پایین‌ترین مقدار باشند؛ بلکه ترکیب کلی متغیرها تعیین‌کننده خوشه است. به عنوان مثال، پروژه‌ای که تأخیر پرداخت متوسط ولی تغییرات نقشه محدود و ایمنی مناسب دارد، از نظر رفتار چندمتغیره در خوشه متوسط ریسک قرار می‌گیرد. نتایج الگوریتم

²⁰ Heatmap

خوشه‌بندی K-Means، پروژه‌ها را به سه گروه کم‌ریسک، متوسط‌ریسک و پرریسک تقسیم کرد. برای هر خوشه، ویژگی‌های خاصی شناسایی شد که امکان طراحی راهبردهای مدیریتی متناسب با شرایط پروژه‌های هر گروه را فراهم می‌سازد.

جدول ۳، خلاصه‌ای از ویژگی‌های متمایز هر خوشه و اقدامات پیشنهادی برای مدیریت مؤثر آن‌ها را ارائه می‌دهد:

جدول ۳. ویژگی‌ها و راهکارهای مدیریتی پیشنهادی برای هر خوشه پروژه

خوشه	وضعیت ریسک	ویژگی‌های پروژه‌های این خوشه	راهبرد مدیریتی پیشنهادی
A	کم‌ریسک	پرداخت به‌موقع، انحراف زمانی و مالی پایین، ایمنی بالا	ادامه روند فعلی و ثبت تجربیات موفق برای الگوبرداری
B	ریسک متوسط	تغییرات محدود در نقشه، تاخیر متوسط، پرداخت نسبی	افزایش دفعات گزارش‌گیری، جلسات کنترلی، برنامه جبرانی
C	پرریسک	تاخیر پرداخت، انحراف زمانی شدید، تغییرات زیاد، ایمنی ضعیف	مداخله فوری، تخصیص منابع اضافی، بازنگری در قراردادها

۴-۵- مدل‌سازی روابط علی با روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی^{۲۱}

به‌منظور بررسی روابط علی و شدت تأثیر عوامل مؤثر بر بروز ادعاها، از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی استفاده شد. این روش در نرم‌افزار اسمارت پی ال اس پیاده‌سازی گردید.

متغیرهای پنهان^{۲۲} تعریف‌شده در مدل عبارت بودند از:

- شفافیت قراردادی^{۲۳}
- مدیریت زمان و منابع^{۲۴}
- شرایط پیش‌بینی‌نشده^{۲۵}
- عملکرد نظارتی^{۲۶}
- بروز ادعا^{۲۷}

با بهره‌گیری از داده‌های پرسشنامه و تأیید روایی ($AVE > 0.5$) و پایایی ترکیبی ($CR > 0.7$)، مدل نهایی تخمین زده شد. شاخص برازش GOF برابر با ۰.۶۱ به‌دست آمد که نشان‌دهنده برازش مناسب مدل است.

شکل ۴ نتایج مدل را به شرح زیر نشان می‌دهد:

- عدم شفافیت قراردادی: قوی‌ترین اثر مستقیم بر بروز ادعا ($\beta = 0.46$)
- شرایط پیش‌بینی‌نشده: اثر معنادار با $\beta = 0.38$
- نظارت ناکارآمد: اثر غیرمستقیم از طریق تشدید خطاهای فنی

این تحلیل ساختاری به‌تصمیم‌گیرندگان امکان می‌دهد روابط میان متغیرهای پنهان را به‌صورت علی درک کرده و سیاست‌های پیشگیرانه موثرتری طراحی کنند.

لازم به توضیح است که نحوه اثرگذاری متغیرهای کلیدی بر بروز ادعا در این پژوهش بر اساس سازوکارهای حقوقی و مدیریتی

زیر تبیین می‌شود:

²¹ Partial Least Squares Structural Equation Modeling

²² Latent Variables

²³ Contractual Clarity

²⁴ Time and Resource Management

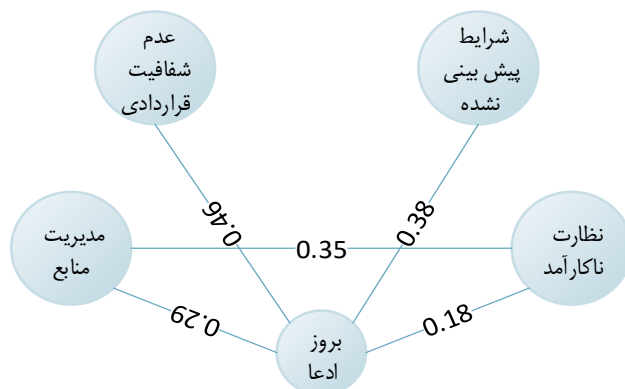
²⁵ Unforeseen Conditions

²⁶ Supervision Efficiency

²⁷ Claim Occurrence

۱. انحراف از برنامه زمان بندی معمولاً موجب افزایش هزینه های بالاسری و تحمیل تأخیرات جبرانی شده و ادعاهای تمدید زمان و خسارت را به دنبال دارد.
۲. ضعف در رعایت استانداردهای ایمنی باعث توقف های متعدد، افزایش حوادث و هزینه های پیش بینی نشده شده و از این طریق به ادعاهای مالی منجر می شود.
۳. پروژه هایی با مبلغ قرارداد و مدت اجرای بالاتر، در معرض ریسک های محیطی، مالی و فنی بیشتری بوده و بنابراین احتمال وقوع ادعا در آنها بیشتر است.

این تبیین ها به طور مستقیم با شاخص های حقوقی ادعا در پروژه های عمرانی هم خوانی دارد.



شکل ۴. مدل مسیر معادلات ساختاری روابط بین عوامل موثر بر بروز ادعا

این نمودارها به همراه تحلیل های قبلی، مبنایی برای طراحی سیستم پشتیبان تصمیم پیشرفته در تصمیم گیری مدیریت ادعا در پروژه های شرکت آب و فاضلاب مشهد فراهم می کنند.

۴-۶- اولویت بندی پروژه ها با روش تاپسیس

این بخش از پژوهش سعی دارد با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره پروژه های منتخب شرکت آب و فاضلاب مشهد را مقایسه و با توجه به شاخص های تایید شده توسط کارشناسان خبره، اولویت بندی نماید و با ارائه مدل عادلانه پرداخت مدیران را یاری نماید. در این مدل ابتدا معیارهای مورد بررسی شناسایی گردید. در مرحله دوم پروژه ها با تکنیک ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی-تاپسیس رتبه بندی شدند در نهایت امتیاز گذاری و اولویت بندی پروژه ها جهت تخصیص اعتبار به آنها انجام شد.

پارامترهای تاثیر گذار در رتبه بندی پروژه ها سه آیتم مدت زمان قرارداد، هزینه اجرای پروژه و اهمیت و پیچیدگی پروژه در نظر گرفته شد. هر سه آیتم تاثیر مثبت در رتبه بندی پروژه ها دارند. در مرحله بعد پارامترهای تاثیر گذار در اولویت بندی پروژه ها شامل انحراف از زمان، انحراف از پیشرفت، انحراف از مقررات، انحراف از برآورد، انحراف از استانداردهای ایمنی و خسارت پروژه، رتبه یا رتبه پروژه، طول مدت انتظار پرداخت در نظر گرفته شد. لیست پروژه های منتخب با نظر مدیران از پروژه های ثبت شده در نرم افزار کنترل پروژه آلفای مشهد به عنوان ورودی این مدل در نظر گرفته شد و همراه با اطلاعات شاخص های آنها در الگو وارد شد و پس از طی پنج گام تکنیک تاپسیس خروجی دریافت شده و امتیاز گذاری می گردد.

گام ۱: نرمال سازی گام ۲: موزون کردن ماتریس نرمالایز شده گام ۳: تعیین نقاط ایده آل مثبت و منفی گام ۴: به دست آوردن اندازه فاصله از نقاط ایده آل مثبت و منفی گام ۵: رتبه بندی گزینه های موجود، خروجی در قالب فایل اکسل فرمول بندی شده دریافت می گردد. انتخاب و تعیین شاخص ها و ضرایب آنها با توجه به نظرات خبرگان و کارشناسان شرکت آب و فاضلاب مشهد با روش مقایسه زوجی اخذ گردید. نمونه هایی کوتاه از تحلیل انجام شده روی لیست منتخب از پروژه های فاضلاب که با نظر کارشناسان خبره انتخاب گردیده

است در جدول ۴ و ۵ ارائه می گردد. الگوی ذکر شده می تواند در شرکت های کارفرمایی که با محدودیت درآمد جهت تخصیص به موقع پرداخت به پیمانکاران مواجه هستند مفید واقع شود.

کاربرد این شیوه جهت اولویت بندی به لیست پرداخت مزایای زیادی از جمله ۱- سیستمی شدن رویه تخصیص ۲- افزایش سرعت و دقت پردازش اطلاعات ۳- شفافیت و قابل دفاع بودن فرایند تخصیص اعتبار ۴- تسهیم اصولی و مدیریت صحیح منابع مالی ۵- حفظ روابط بلند مدت میان کارفرما و پیمانکاران قوی به همراه خواهد داشت.

جدول ۴: شاخص های تایید شده در خصوص گرید بندی و رتبه بندی پروژه ها (استخراج شده از جلسات کارشناسی)

کد شاخص	نام شاخص در شیت "شاخصها"	زیر شاخص	نام شاخص در پرسشنامه های ۱ و ۲	کاربرد	واحد اندازه گیری
۱	شماره قرارداد				
۲	عنوان پروژه				
۳	پیمانکار				
۴	نوع پروژه				
۵	مدت قرارداد		زمان پروژه	گرید	روز
۶	مبلغ قرارداد		هزینه پروژه	گرید	ریال
۷	اهمیت		اهمیت و پیچیدگی پروژه	گرید	عدد (۱-۷ لیکرت)
۸	انحراف از زمان		انحراف از زمان	رتبه	درصد
۹	انحراف پیشرفت		انحراف از پیشرفت	رتبه	درصد
۱۰		انحراف از برآورد	انحراف از برآورد	رتبه	درصد
۱۱	انحراف از قرارداد و مقررات	استانداردهای ایمنی	رعایت استانداردهای ایمنی، لوازم و خسارات پروژه	رتبه	عدد (۱-۷ لیکرت)
۱۲		درصد پرداخت	درصد پرداخت	رتبه	درصد
۱۳	درصد پرداخت	طول مدت انتظار از آخرین پرداخت	طول مدت انتظار از آخرین پرداخت	رتبه	روز

جدول ۵: نمونه الگوی تخصیص پیشنهادی به پروژه ها بر اساس پارامترهای تاثیر گذار در اولویت بندی پروژه ها

عنوان پروژه	مدت قرارداد به روز	تجمعی صورت اهمیت	انحراف از زمان	انحراف پیشرفت	انحراف برآورد	رعایت استانداردهای ایمنی	درصد پرداخت	طول مدت انتظار از	مبلغ مطالبات	گرید	امتیاز پرداخت	مبلغ اولیه پیشنهادی پرداخت	مبلغ پیشنهادی نهایی
اجرای شبکه فاضلاب حر عاملی ۲۰ تا ۲۲ و ۲۳ تا ۲۱ حاشیه بلوار کریمی	۱۳۴	۱۸۶۹۸۳۴۹۵۵	۵	۷	۳	۲۲	۰	۷۳	۵۰۹۷۸۸۴۹۰	D	۱	۳۸۳۵۱۷۱۷۹	۱۲۵۰۷۹۲۸۸
جمع اوری فاضلاب جمع کننده زون s	۱۸۰	۱۸۸۴۲۰۹۲۷۴۳	۲	۰	۰	۰	۰	۹۸	۳۳۰۴۸۸۸۶۸	C	۱	۲۹۸۵۲۷۲۹۹	۹۷۳۶۰۹۱۱
اجرا شبکه نامجو ۲۰-صدمتری-جهاد- پادگان نامجو ۲ و حاشیه نامجو	۹۳۹	۱۷۱۳۹۸۸۲۸۱۰	۵	۱۷	۴	۱۳	۰	۱۰۰	۶۷۲۹۹۹۰۵	A	۱	۴۶۶۹۹۲۹۰	۱۵۲۳۰۳۸۴

۷-۴- معماری سیستم پشتیبان تصمیم پیشنهادی

با توجه به هدف پژوهش مبنی بر ارائه یک چارچوب تصمیم‌یار برای مدیریت ریسک ادعا در پروژه‌های آب و فاضلاب، یک سیستم پشتیبان تصمیم مبتنی بر داده طراحی شد. این سیستم از ترکیب شاخص‌های عملکرد پروژه، مدل پیش‌بینی ادعا و روش رتبه‌بندی پروژه‌ها تشکیل شده است.

۱. ورودی‌ها: متغیرهای کلیدی پروژه شامل انحراف از زمان، انحراف از پیشرفت فیزیکی، تعداد تغییرات نقشه، شاخص ایمنی، تأخیر در پرداخت، مبلغ و مدت قرارداد و اهمیت پروژه. این شاخص‌ها از داده‌های واقعی پروژه‌ها و نتایج تحلیل مضمون استخراج شده‌اند.

۲. پردازشگر: سیستم از دو ابزار تحلیلی اصلی استفاده می‌کند:

- مدل جنگل تصادفی برای پیش‌بینی احتمال بروز ادعا بر اساس داده‌های تاریخی پروژه‌ها،
- روش تاپسیس برای رتبه‌بندی پروژه‌ها از نظر ریسک ادعا و اولویت تخصیص منابع.

این ترکیب امکان تحلیل هم‌زمان ریسک و تعیین اولویت‌ها را در قالب یک فرآیند یکپارچه فراهم می‌کند.

۳. خروجی‌ها: نتایج DSS شامل پیش‌بینی احتمال ادعا، رتبه‌بندی پروژه‌ها از نظر ریسک، شناسایی پروژه‌های پرریسک و ارائه پیشنهادها برای اقدامات پیشگیرانه است. این خروجی‌ها به مدیران کمک می‌کند تا تصمیمات دقیق‌تر، سریع‌تر و مبتنی بر شواهد اتخاذ کرده و از شکل‌گیری دعاوی پرهزینه جلوگیری کنند.

این معماری نشان می‌دهد که چگونه می‌توان نتایج تحلیل‌های آماری، یادگیری ماشین و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را در قالب یک ابزار تصمیم‌یار کاربردی برای مدیریت ادعاهای قراردادی در پروژه‌های آب و فاضلاب به کار گرفت.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف شناسایی، تحلیل و پیش‌بینی عوامل مؤثر بر بروز ادعا در پروژه‌های آب و فاضلاب، رویکردی داده‌محور و ترکیبی شامل تحلیل‌های آماری، الگوریتم‌های یادگیری ماشین، روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تحلیل سلسله‌مراتبی- تاپسیس اتخاذ کرده است. نتایج این پژوهش، تصویری چندبعدی از ریشه‌ها، الگوها و راهکارهای کاهش ادعاهای قراردادی در پروژه‌های عمرانی به‌ویژه در حوزه آب و فاضلاب ارائه می‌دهد. چارچوب پیشنهادی قابلیت استفاده در سایر پروژه‌ها را دارد، اما یافته‌های تجربی این پژوهش تنها برای پروژه‌های آب و فاضلاب مشهود قابل اتکا هستند.

۵-۱- جمع‌بندی یافته‌های کلیدی

یافته‌های پژوهش نشان داد که پنج عامل اصلی بیشترین نقش را در بروز ادعا دارند:

- تأخیر در پرداخت صورت‌وضعیت‌ها
- تغییرات مکرر در نقشه‌ها و دستورکارهای اجرایی
- ابهام در اسناد قرارداد و مفاد فنی
- انحراف از برنامه زمان‌بندی پروژه
- ضعف در نظارت و مستندسازی فرایندها

مدل جنگل تصادفی نشان داد که این عوامل با دقت بالایی (۸۷٪) قابلیت پیش‌بینی پروژه‌های پرریسک را دارند. همچنین تحلیل ساختاری با روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی بیانگر آن بود که ابهام قراردادی و شرایط پیش‌بینی نشده، اثر

مستقیم و معناداری بر بروز ادعا دارند. علاوه بر این، خوشه‌بندی پروژه‌ها نشان داد که پروژه‌ها از نظر ریسک ادعا قابل طبقه‌بندی بوده و می‌توان برای هر دسته، سیاست‌های خاص مدیریتی تدوین کرد.

۵-۲- نوآوری پژوهش

مهم‌ترین جنبه‌های نوآورانه این مطالعه عبارت‌اند از:

- توسعه چارچوب تصمیم‌یار برای مدیریت ادعاها بر پایه داده‌های واقعی پروژه.
- استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی در پیش‌بینی ادعا با تحلیل اهمیت نسبی ویژگی‌های فنی و قراردادی.
- ترکیب تکنیک‌های تاپسیس و تحلیل سلسه مراتبی برای رتبه‌بندی پروژه‌ها از منظر ریسک ادعا و کمک به تصمیم‌گیری در تخصیص منابع.
- کاربرد روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی برای تحلیل علی روابط بین متغیرهای سازمانی و فنی و بروز ادعا.

اگرچه برخی عوامل مؤثر بر ادعا با یافته‌های پیشین هم‌پوشانی دارد، اما ارزش افزوده این مطالعه در ارائه مدلی کمی برای پیش‌بینی ادعا، تعیین وزن نسبی عوامل با روش‌های آماری و ML، و ارائه الگوی عملیاتی برای رتبه‌بندی پروژه‌هاست.

۵-۳- پیشنهادهای مدیریتی و کاربردی

- بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده، پیشنهادهای زیر برای مدیریت مؤثرتر ادعاها در پروژه‌های عمرانی ارائه می‌گردد:
- شفاف‌سازی قراردادهای طراحی و بازبینی دقیق مفاد قرارداد به منظور کاهش تفسیرپذیری و اختلافات احتمالی.
- ایجاد سیستم‌های هشدار پیشگیرانه: بهره‌گیری از مدل‌های یادگیری ماشین برای شناسایی پروژه‌های پرریسک در مراحل اولیه.
- مستندسازی دقیق پروژه‌ها: ثبت کامل وقایع، تغییرات، و تصمیمات در قالب بانک دانش سازمانی.
- به‌کارگیری سیستم پشتیبان تصمیم برای اولویت‌بندی پرداخت‌ها: گریذبندی پروژه‌ها بر اساس شاخص‌های فنی و مالی جهت تخصیص بهینه منابع و کاهش تنش‌های قراردادی.
- تقویت نظام آموزش و توانمندسازی: ارتقاء مهارت‌های فنی و حقوقی مدیران پروژه، مشاوران و کارشناسان در حوزه مدیریت ادعا.

۵-۴- پیشنهادهای کلان و سیاست‌گذاری

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که مدیریت مؤثر ادعا در پروژه‌های عمرانی، صرفاً با اقدامات موردی در سطح پروژه قابل تحقق نیست و نیازمند اصلاحات ساختاری در سطوح سازمانی و ملی است. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود استقرار سامانه‌های پشتیبان تصمیم داده‌محور به‌عنوان یک الزام در پروژه‌های بزرگ عمرانی و زیرساختی کشور در نظر گرفته شود. همچنین تدوین دستورالعمل ملی مدیریت ادعا مبتنی بر داده‌های واقعی پروژه‌ها، می‌تواند زمینه کاهش اختلافات و افزایش شفافیت قراردادی را فراهم سازد. از دیگر پیشنهادها، کلان، ایجاد پایگاه داده ملی ادعاهای عمرانی و الزام کارفرمایان دولتی به ثبت و به‌روزرسانی مستندات ادعاها در این سامانه است. در نهایت، یکپارچه‌سازی نتایج این‌گونه سامانه‌ها با نظام‌های برنامه‌ریزی، کنترل پروژه و تخصیص بودجه در سطح کلان می‌تواند به ارتقای بهره‌وری منابع عمومی و کاهش ریسک‌های حقوقی و مالی پروژه‌های عمرانی منجر شود.

با وجود آنکه چارچوب پیشنهادی این پژوهش بر پایه داده‌های واقعی پروژه‌های آب و فاضلاب مشهد توسعه یافته است، تعمیم نتایج به سایر مناطق کشور مستلزم در نظر گرفتن تفاوت‌های اقلیمی، نهادی و مدیریتی است. در مطالعات آتی می‌توان با افزودن متغیرهایی نظیر شرایط اقلیمی، سطح توسعه منطقه، نوع منبع تأمین مالی و ساختار قراردادی، مدل پیش‌بینی ادعا را برای مناطق مختلف کشور بومی‌سازی و اعتبارسنجی مجدد نمود.

مراجع:

- [1] Emami, H. (2012). Civil Law, Volume I. Tehran: Eslamieh Press, pp. 45–67.
- [2] Shadid, M. S. R. (2015). *Construction claims management in united Arab Emirates construction industry* (Master's thesis, Eastern Mediterranean University (EMU)-Doğu Akdeniz Üniversitesi (DAÜ)).
- [3] Jergeas, G. F. (2001). Claims and disputes in the construction industry. *AACE International Transactions*, CD31.
- [4] Bakhary, N. A., Adnan, H., & Ibrahim, A. (2015). A study of construction claim management problems in Malaysia. *Procedia economics and finance*, 23, 63-70.
- [5] Bhangwar, S.N. (2022). Risk Level of the Types and Causes of Claims in Construction Projects of Pakistan. *Quaid-e-Awam University Research Journal of Engineering Science and Technology*, Vol.20 No.1, pp. ... <https://doi.org/10.52584/QRJ.2001.03>
- [6] Mohamed, H. H., Ibrahim, A. H., & Soliman, A. A. (2014). Reducing construction disputes through effective claims management. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(6), 186-196.
- [7] Nosheen, A., Arewa, A., & Akhtar, H. M. (2020, April). Preventive approach to unsubstantiated claims and disputes in the UK construction industry. In *International Conference on Civil Infrastructure and Construction* (pp. 98-107). Qatar University Press.
- [8] Kumaraswamy, M. M. (1997). Conflicts, claims and disputes in construction. *Engineering Construction and Architectural Management*, 4(2), 95-111.
- [9] Hashem M. Mehany, M. S., & Grigg, N. (2015). Causes of road and bridge construction claims: Analysis of Colorado department of transportation projects. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 7(2), 04514006.
- [10] Piyumra, R. A. D., Disaratna, V., & Perera, B. A. K. S. (2025). Framework for Integrating Experiential Knowledge, Personal Constructs, and Knowledge Transfer toward Successful Construction Claims Management. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 17(1), 04524031.
- [11] Jalal, M. P., & Moradi, S. (2024). Journal of Structural and Construction Engineering. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 10(10), 131-150.
- [12] Ansari, R., & Banihashemi, S. A. (2023). A Hybrid Method for Analyzing Key Performance Indicators Based on the Causes of Claims in Construction Industry Projects with the Fuzzy set Theory Approach. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 10(2), 120-137.
- [13] Amani, N., & Derafshi, M. (2021). Optimal Implementation of Claim Management Framework on Rubber Dam Projects with Price List Contract. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 8(7), 124-145.
- [14] Parchami Jalal, M., & Farshad, S. (2018). The claim orientation dissection in Iran and FIDIC consultant's contracts. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 5(Special Issue 3), 16-36.
- [15] Sajedi, F., & Sarmast Shoushtari, F. (2017). Analysis of claims and disputes in contracts for oil and gas development projects in Iran with solutions. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 4(2), 173-192.
- [16] Banwo, O. (2016). *The development of a procurement decision support system to enhance construction claims management practice* (Doctoral dissertation, Coventry University).
- [17] Mamboleo, H. G. (2023). *A Study of the Role of Contracting Parties in Preventing Escalation of Construction Claims Into Disputes Through the Claim Management Processes* (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
- [18] Kalogeraki, M., & Antoniou, F. (2024). Claim management and dispute resolution in the construction industry: Current research trends using novel technologies. *Buildings*, 14(4), 967.
- [19] Galjanić, K., Marović, I., & Jajac, N. (2022). Decision support systems for managing construction projects: A scientific evolution analysis. *Sustainability*, 14(9), 4977.
- [20] Alqaisi, A. S., Ataei, H., Seyrfar, A., & Al Omari, M. (2024). Predicting the outcome of construction change disputes using machine-learning algorithms. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 16(1), 04523051.
- [21] Waqar, A. (2024). Intelligent decision support systems in construction engineering: An artificial intelligence and machine learning approaches. *Expert Systems with Applications*, 249, 123503.
- [22] Akinosho, T. D., Oyedele, L. O., Bilal, M., Ajayi, A. O., Delgado, M. D., Akinade, O. O., & Ahmed, A. A. (2020). Deep learning in the construction industry: A review of present status and future innovations. *Journal of Building Engineering*, 32, 101827.
- [23] Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J. and Anderson, R.E. (2019). *Multivariate Data Analysis*. 8th ed. Boston: Cengage Learning, pp.1–800.