Journal of
Improvement Management
Vol.13, No. 4, winter 2020 (Serial 46)

Delay in Oil Projects: Review of Past Developments and Provide a Model for Predicting Delay Time- Case Study: EPC Projects of the POGC

Aliyeh Kazemi[1], Alireza Nemat-Gorgani[2☎], Sara Aryaee[3]

1- Associate Prof., Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran
2- MSc. in Industrial Management, Faculty of Management University of Tehran, Tehran, Iran
3- Ph.D. Student in Industrial Management, Faculty of Management University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract:

Projects play an important role in various organizations, especially in project and executive organizations, but currently, projects especially industrial projects are associated with time delays. Predicting the time delay in carrying out oil projects is of particular importance. It is beneficial because of the 25% role of the oil industry in GDP and 85% in the share of exports and the average delay of 30% in EPC projects. In this research, the most important factors affecting time delay of the projects and the rules, which shows reasons of the delay are identified. The data were collected from the database of contracts and projects sector of South Pars Oil and Gas Company. Two hundred six projects were selected and considering different criteria, the time delay were predicted. Five decision tree algorithms were used to predict the project time delay, including C&R, C5, CHILD, QUEST, and AS. Validation results showed C5 and CHILD three algorithms are the bests with the accuracy of about 91%.

Keywords: Oil industry, EPC projects, Time delay, Data mining

☎ Corresponding author: alireza.gorgani@ut.ac.ir

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

دوره ۱۳ شماره ۴ (پیاپی ۴۶
زمستان ۱۳۹۸

تاخیر در پروژه‌های نفتی: مروری بر تحولات گذشته و ارائه مدلی برای پیش‌بینی زمان تاخیر – مورد مطالعه: پروژه‌های EPC شرکت نفت و گاز پارس جنوبی

نوع مقاله: پژوهشی (تاریخ دریافت: ۹۸/۵/۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۳)

عالیه کاظمی دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
علیرضا نعمت‌گرگانی ☎ کارشناس ارشد، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
سارا آریایی دانشجو دکتری، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

پروژه‌ها در سازمان‌های مختلف به خصوص در سازمان‌های پروژه‌ای و اجرایی دارای نقش مهمی هستند؛ اما در حال حاضر پروژه‌ها، به‌خصوص پروژه‌های صنعتی با تأخیر زمانی همراه هستند. پیش‌بینی مدت‌زمان تأخیر در انجام پروژه‌های نفت با توجه به نقش حدود ۲۵ درصدی صنعت نفت در تولید ناخالص ملی و سهم ۸۵ درصدی در صادرات و میانگین تأخیر زمانی ۳۰ درصدی پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC)، از اهمیت خاصی برخوردار است. در این پژوهش به تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تأخیر زمانی پروژه‌ها و قوانین منجر به تاخیر زمانی آنها پرداخته شده است. داده‌ها از پایگاه داده اطلاعاتی امور قراردادها و پروژه‌های شرکت نفت و گاز پارس جنوبی گردآوری شده‌اند. تعداد ۲۰۶ پروژه انتخاب و با در نظر گرفتن معیارهای مختلف پیش‌بینی تاخیر زمانی انجام شده است. برای پیش‌بینی مدت زمان تاخیر پروژه ها از ۵ الگوریتم درخت تصمیم استفاده شده است که این الگوریتم ها عبارتند از: C&R، C5، CHILD، QUEST و AS. نتایج اعتباریابی ۱۰ تایی نشان داد بهترین الگوریتم درخت تصمیم برای پیش بینی مدت زمان تاخیر پروژه‌ها الگوریتم‌های C5 و CHILD با دقت حدود ۹۱ درصد هستند.

واژگان کلیدی: صنعت نفت، پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت، تأخیر زمانی، داده‌کاوی

☎ مسئول مکاتبات: alireza.gorgani @ut.ac.ir

۱- مقدمه

با وجود گذشت بیش از ۷۰ سال از شکل‌گیری روش‌ها و سیستم‌های مدون برنامه‌ریزی و کنترل پروژه، طرح‌ها و پروژه‌های کشور، عموماً به همان روش‌های قدیمی و سنتی و بر اساس تجربه و برآوردهای ذهنی مدیران آن اداره می‌شود. تنوع، گستردگی و پیچیدگی‌های موجود در پروژه‌ها و همچنین فعالیت در محیط‌های مملو از ریسک که بسیاری از آن‌ها نشأت گرفته از تحریم صنایع ایران از سوی کشورهای غربی می‌باشد و عواملی همچون ناآشنایی مدیران سطوح مختلف طرح‌ها و پروژه‌ها به وظایف و مسئولیت‌ها، نبود سیستم ارزیابی عملکرد طرح‌ها و پروژه‌ها و نبود سیستم ارزشیابی مدیران سبب می‌شوند که هر ساله مدیران ارشد اجرایی کشور عاجز از فراهم آوردن و تشکیل مثلث مدیریت پروژه (زمان– هزینه – کیفیت) شوند و میلیاردها دلار خسارت به منافع ملی وارد شود (خانزادی و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین استفاده از ابزاری مناسب برای مقابله با این مشکلات و رسیدن به اهداف پروژه ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از فعالیت‌های کشورهای در حال توسعه برای بهبود زیربناهای اقتصادی، اجرای پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC[1]) زیربنایی است که سالانه بخش عمده‌ای از بودجه کشور را به خود اختصاص می‌دهد و لذا برنامه‌ریزی اصولی در خصوص این طرح‌ها از ملزومات و ضروریات بوده تا بتوان کمترین نسبت هزینه به بهره‌وری را از آن استحصال نمود. مهم‌ترین شاخص موفقیت این پروژه‌ها علاوه بر دستیابی به اهداف موردنظر و مقرون‌به‌صرفه بودن، اتمام آن در زمان پیش‌بینی‌شده است. تأخیر در پروژه‌های EPC به دلیل پیچیدگی خاص آن‌ها امری غیرقابل‌انکار است، به‌طوری‌که مطالعات انجام‌گرفته نشان می‌دهد که اغلب پروژه‌های ساخت در دنیا با حدود بیش از ۵۰ درصد افزایش زمان مواجه می‌شوند. تأخیر در پیشرفت کار، علاوه بر آنکه موجب طولانی شدن زمان اجرا و صرف هزینه‌های قابل‌ملاحظه‌ای برای راه‌اندازی مجدد یا تکمیل آن‌ها می‌گردد، به تحمیل هزینه فرصت ازدست‌رفته بر بخش‌های اقتصادی و نیز توجیه‌ناپذیر شدن طرح در مراحل بعد نیز منجر می‌شود؛ به‌عبارت‌دیگر، گذشت زمان و تحولات فن‌آوری و تغییر شرایط محیطی و اجتماعی، ممکن است طرح‌هایی را که در یک مقطع زمانی دارای توجیه فنی و اقتصادی بوده‌اند، در شرایط جدید توجیه‌ناپذیر سازد. عدم تحقق زمانی پروژه‌ها با ایجاد موانع و مشکلات بسیار در ایجاد بستر مناسب برای آغاز طرح‌های جدید، کشور را با مشکلات جدی مواجه می‌سازد. همچنین به دلیل رابطه مستقیم میان زمان و هزینه اجرای پروژه، افزایش زمان اغلب منجر به افزایش هزینه‌ها می‌شود. از سوی دیگر، تأخیر در پروژه‌های ساخت می‌تواند بر اهداف کیفی آن‌ها نیز تأثیر داشته باشد و مجریان پروژه به‌منظور جلوگیری از جریمه‌های ناشی از تاخیرات غیرمجاز و تکمیل پروژه در موعد مقرر، روند اجرای

[1] Engineering, procurement and construction

پروژه در یک بازه زمانی را تسریع کنند که در بعضی موارد برای دستیابی به این هدف، کیفیت اجرای پروژه به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد. لذا بررسی عوامل به وجود آورنده تأخیر و تعیین تأثیر هر یک از آن‌ها بر اهداف اصلی پروژه یعنی زمان می‌تواند کمک بزرگی به مدیریت، برای انجام هر چه بهتر پروژه‌های آتی بکند و با شناسایی مهم‌ترین عوامل می‌توان راهکارهای مفیدی را جهت کاهش یا حذف آن‌ها ارائه نمود.

پیش‌بینی مدت‌زمان تأخیر در انجام پروژه‌های نفت کشور از اهمیت خاصی برخوردار است؛ چراکه با توجه به نقش حدود ۲۵ درصدی صنعت نفت در تولید ناخالص ملی و ۸۵ درصدی در سهم صادرات و میانگین تأخیر زمانی ۳۰ درصدی پروژه‌های EPC بنا به اعلام شرکت ملی نفت ایران، این تاخیرها و عدم بررسی آن‌ها می‌تواند آسیب‌های زیادی را به صنعت نفت کشور وارد سازد و برنامه‌ریزی‌های فعلی پاسخگوی پیش‌بینی مناسب مدت‌زمان تاخیرها نیست. پیش‌بینی مدت‌زمان تأخیر پروژه‌ها اهمیت اساسی در مدیریت پروژه دارد. عدم داشتن درک صحیح از زمان اجرای پروژه باعث می‌گردد که برنامه‌ریزی‌های EPC با انحراف مواجه شود. انحراف از برنامه‌های EPC تبعات زیادی را برای دستگاه‌های اجرایی دارد و آن‌ها نمی‌توانند کنترل‌های حین انجام کار را به‌درستی انجام دهند.

هدف از انجام پژوهش حاضر ارائه مدلی برای پیش‌بینی زمان تأخیر پروژه‌های EPC شرکت ملی نفت ایران است. در این راستا با استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی، مهم‌ترین معیارها در پیش‌بینی زمان تأخیر پروژه‌ها تعیین می‌شوند، الگوریتم‌های طبقه‌بندی داده‌کاوی که دقت بیشتری در پیش‌بینی مدت‌زمان تأخیرات پروژه‌های EPC دارند مشخص و همچنین قوانینی که منجر به تأخیر زمانی این پروژه‌ها می‌شوند، ارائه می‌گردد. بر این اساس پایگاه داده‌ای از پروژه‌های انجام‌شده تشکیل می‌شود؛ در این پایگاه رکوردها پروژه‌های انجام‌شده در حوزه توسعه طرح‌های درجه دوم توسعه‌ای مجتمع نفت و گاز پارس جنوبی (پروژه‌هایی که بین ۱۰۰۰ میلیارد ریال تا ۲۵۰۰ میلیارد ریال) هستند و خصیصه‌ها خصوصیات هر پروژه از جمله محل اجرای پروژه و هزینه اجرای پروژه است؛ نهایتاً کلاس پایگاه داده میزان تأخیر هر پروژه با توجه به تلورانس انجام هر پروژه است.

در ادامه پس از بررسی پیشینه پژوهش، مورد مطالعه به اختصار معرفی شده است. سپس روش-شناسی پژوهش توضیح داده شده است. پس از آن یافته‌های پژوهش ارائه و نهایتاً نتایج ذکر شده است.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

اجرای به موقع پروژه‌های عمرانی در صنعت نفت با توجه به محدود بودن منابع دارای اهمیت بسیار بالایی است. تاخیر در زمان اتمام پروژه، بزرگ‌ترین مشکلی است که اغلب در پروژه‌های بزرگ

به وجود می‌آید (Lee,1995). در قراردادهای EPC مقررات زیادی در خصوص مدت زمان اجرای قرارداد وجود دارد (ایرانمنش و همکاران،۱۳۸۸)؛ زیرا تاخیر در این پروژه‌ها باعث افزایش هزینه‌های ملموس و ناملموس و به هم خوردن روابط و ایجاد مشکلاتی برای کافرما، پیمانکار و مشاور می‌شود(Ahmed & Azher,2002). از این رو پیش‌بینی زمان تأخیر پروژه‌های ساخت‌وساز به منظور خنثی کردن و یا کاهش تاثیرات منفی آن بسیار مهم است. اما یافتن دلایل تاخیر به علت تعدد مراحل اجرایی پروژه امری بسیار پیچیده است (Arditi,2017). منظور از تاخیر رویدادی است که آغاز یک فعالیت را به تعویق می‌اندازد و یا اتمام آن را طولانی‌تر می‌کند (Lee,1995). تاخیر در پروژه به معنی اختلاف بین زمان پیش‌بینی شده برای اتمام پروژه و زمان واقعی اتمام آن است (فعال عراقی و نوری،۱۳۹۵).

بحث تأخیر زمانی پروژه‌های عمرانی یکی از مهم‌ترین مباحث کنترل پروژه است و از اهمیت فوق‌العاده برخوردار است و جز موضوعات مهم در کنترل و مدیریت پروژه است. در مباحث کنترل پروژه تاکنون از روش‌های متعددی نظیر روش پرت یا گرت و از مباحث آماری نیز مانند رگرسیون چندگانه استفاده شده است؛ با این حال دقت روش‌های مورداستفاده پایین بوده و استفاده از این روش‌ها نتوانسته تا حد قابل قبولی به پیش‌بینی صحیح مدت‌زمان انجام پروژه و همچنین بررسی عوامل مؤثر بر تأخیر پروژه‌ها کمک کند (Sunjka & Jacob,2013).

در پروژه‌های صنعت نفت شناسایی تغییرات و انحرافات زمانی و تحلیل آن‌ها به دلایل مختلف از جمله پیچیدگی روابط بین اجزا کار، تنوع کار، بهره‌برداری از تجهیزات و امکانات خاص از اهمیت بالایی برخوردار است. از این‌رو نیاز است که با استفاده از روش‌های جدید این مساله مورد بررسی قرار گیرد. از طرفی یکی از فنون جامع و توانمند در پردازش داده‌ها، داده‌کاوی است، این روش می‌تواند از حجم بالای داده‌ها استفاده کرده و آن‌ها را به دانش موردنیاز تبدیل نماید. با توجه به حجم بالای اطلاعات پروژه‌ها می‌توان از داده‌کاوی برای پیش‌بینی تأخیر پروژه‌های مختلف و از جمله پروژه‌های EPC و نیز بررسی علل تأخیر پروژه‌ها استفاده نمود. در ادامه برخی از تحقیقات مرتبط ذکر شده است.

کِی وی و بات علل تاخیر در پروژه‌های بخش حمل‌ونقل، برق، عمرانی و آب هند را بررسی کردند. آن‌ها پرسشنامه‌ای میان مشتریان، پیمانکاران و مشاوران در هند پخش کردند و از شاخص اهمیت برای رتبه‌بندی علل تاخیر استفاده کردند. پروژه‌ها را بر اساس نوعشان طبقه‌بندی کردند و علت تاخیر در هر نوع پروژه را مشخص کردند. پروژه‌ها نیز براساس نوع قرارداد طبقه‌بندی شدند (Prasad et al.,2019). زارعی و همکاران به بررسی تاخیر در پروژه‌های بخش نفت، گاز و پتروشیمی بر اساس روش تحلیل شبکه معنایی (SNA)[1] پرداختند (Zarei et al.,2018). سامباسیوان و همکاران با

[1] Semantic Network Analysis (SNA) method

استفاده از ۳۰۸ پرسشنامه و روش مدل‌سازی معادلات ساختاری رابطه بین علل و اثرات تاخیر در صنعت ساخت‌وساز تانزانیا را بررسی کردند تا ذینفعان بتوانند میزان وقوع تاخیر را کاهش دهند (Sambasivan,2017). الحزیم و همکاران به بررسی عوامل موثر بر افزایش هزینه‌های برنامه‌ریزی شده، منابع تخصیص داده شده و زمان برنامه‌ریزی‌شده در پروژه‌های مهندسی زیربنایی اردن پرداختند. ۴۰ پروژه زیربنایی عمومی اجرا شده طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (Al-Hazim et al.,2017). آردیتی و همکاران تأثیر فرهنگ سازمانی بر تأخیر در ساخت و ساز را مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه با هدف بررسی رابطه بین فرهنگ سازمانی شرکت ساختمانی و تأخیر انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بین فرهنگ سازمانی و میزان تأخیر رابطه معناداری وجود دارد (Arditi & Robinson,1998). گبرهیوت و لو با استفاده از پرسشنامه و محاسبات آماری عوامل موثر بر تأخیر پروژه‌های ساخت و ساز در اتوپی را به شرح زیر مشخص کردند: کارفرما، پیمانکار، مشاور، طراح، مصالح ساختمانی، امور مالی، نیروی کار، تجهیزات، شرایط قرارداد و عوامل خارجی (Gebrehiwet & Luo,2017). اِلاوی و همکاران دلایل تأخیر در پروژه‌های زیربنایی مربوط به ساخت پل و جاده از دید کارفرمایان در استان مکه در کشور عربستان سعودی را مورد مطالعه قرار دادند (Elawi,2016). گاندوز و ابوحسن علت تأخیر در پروژه‌های ساخت و ساز در قطر را مورد بررسی قرار دادند. جمع‌آوری اطلاعات از طریق یک سیستم نظرسنجی آنلاین انجام شد (Gunduz & AbuHassan,2016). عزیز و عبدالحکم عوامل مؤثر بر ایجاد تأخیر در پروژه‌های ساخت و ساز جاده‌ای در کشور مصر را مورد بررسی قرار دادند. این عوامل در ۱۵ گروه شامل کارفرما، مشاور، پیمانکار، تجهیزات، عوامل مربوط به پروژه، عوامل خارجی، مصالح، نیروی کار، عوامل مربوط به طراحی، مالی، قرارداد، قوانین و مقررات، سایت، کنترل و برنامه‌ریزی و روابط پیمان بررسی قرار گرفتند (Aziz & Abdel-Hakam,2016). مرزوک و ایرساس عوامل مؤثر در ایجاد تأخیر در پروژه-های ساخت و ساز در کشور مصر را مورد بررسی قرار دادند. این عوامل در هفت گروه شامل کارفرما، مشاور، پیمانکار، مصالح، تجهیزات و نیروی کار، عوامل مربوط به پروژه و عوامل خارجی مورد بررسی قرار گرفتند. آنها با استفاده از مصاحبه و پرسشنامه و تجزیه و تحلیل آماری مهمترین دلایل را مشخص کردند (Melo & Sanchez,2016). روکِیشی و بشیر در تحقیقی به بررسی علل تأخیر در پروژه‌های نفت و گاز در کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس پرداختند. این مطالعه به بررسی علت تأخیر در پروژه‌های تأسیسات پردازش نفت و گاز در عمان پرداخته است و به‌عنوان نمونه موردی برای کشورهای شورای همکاری خلیج‌فارس انجام شد. نتایج نشان داد علت تأخیر پروژه به اندازه سازمان یا مالکیت سازمان مربوط نیست. علاوه بر این، هفت عامل به‌عنوان علت اصلی تأخیر پروژه شناخته شدند. شش عامل از این عوامل، عوامل کلی هستند که می‌تواند به تأخیر در هر پروژه در هر صنعت منجر شود، عامل تعاملات ضعیف با فروشندگان در مراحل مهندسی و تهیه، منحصر به پروژه‌های ساختمانی در صنعت نفت و گاز است (Ruqaishi & Bashir,2015). سونجکا و جاکوب

علل تأخیر پروژه در منطقه نایجردلتا در کشور نیجریه را با استفاده از پرسشنامه و محاسبات آماری مورد بررسی قرار دادند. دلایل تأخیر عبارت بودند از: کارفرما، پیمانکار، نیروی کار و تجهیزات، مصالح، مشاور، جامعه، قرارداد، عوامل خارجی (Sunjka & Jacob,2013). عزیز عوامل مؤثر بر ایجاد تأخیر در پروژه‌های ساخت و ساز در کشور مصر پس از انقلاب این کشور را اولویت‌بندی کرد. این اولویت‌بندی با تعیین عوامل ایجادکننده تأخیر از طریق پرسشنامه و مصاحبه و بررسی نتایج به دست آمده انجام شد. عوامل در ۹ گروه شامل کارفرما، مشاور، پیمانکار، تجهیزات، عوامل مربوط به پروژه، عوامل خارجی، مصالح و نیروی کار مورد بررسی قرار گرفتند (Aziz,2013). فلاح‌نژاد دلایل تأخیر در پروژه-های خطوط لوله گاز ایران را مورد مطالعه قرار داد. ۲۴ پروژه خط لوله گاز مورد بررسی قرار گرفت و سپس عوامل تاخیر با استفاده از نظرات ۱۰ کارشناس و پرسشنامه از چندین رشته مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت (Fallahnezhad,2013). دولوی و همکاران به بررسی عوامل مؤثر بر تأخیر در پروژه های ساخت و ساز در کشور هند پرداختند. آنها با استفاده از پرسشنامه نظرات کارشناسان ساختمان را جمع‌آوری و بررسی کردند. دلایل تأخیر عبارت بودند از: عوامل مربوط به پروژه، عوامل مربوط به سایت، عوامل مربوط به فرآیند، عوامل انسانی، عوامل مربوط به دولت و مسائل فنی (Doloi at al.,2012). فعال عراقی و نوری (۱۳۹۵) با استفاده از روش‌های داده‌کاوی و روش تحلیل پوششی داده‌ها به پیش‌بینی مدت زمان تاخیر پروژه‌های عمرانی و همچنین تعیین ورتبه بندی عوامل موثر بر تاخیر پروژه های عمرانی پرداختند.

بررسی تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که در تعداد کمی از تحقیقات از داده‌کاوی برای پیش‌بینی مدت زمان پروژه و تعیین قوانین منجر به تأخیر زمانی پروژه‌ها استفاده شده است. در این تحقیق از روش‌های داده‌کاوی برای پیش‌بینی زمان تاخیر انجام پروژه‌های حوزه EPC نفت و گاز استفاده شده است. همچنین به منظور استخراج قوانین مربوط به دلایل تأخیر پروژه‌ها و شناسایی مهم‌ترین دلایل آن به ارزیابی الگوریتم‌های مختلف داده‌کاوی پرداخته شده است.

۳- مورد مطالعه

همانگونه که قبلا اشاره شد، در این پژوهش پروژه‌های EPC شرکت نفت و گاز پارس جنوبی که از زیرمجموعه‌های شرکت ملی نفت ایران (NIOC[1]) است مورد بررسی قرار می‌گیرند. پروژه‌های مهندسی، تدارکات و ساخت (EPC) که به سادگی می‌توان آن را به مهندسی، تأمین کالا و ساخت و اجرا تعبیر کرد معادل پروژه کلید در دست در نظر گرفته می‌شود. در چنین پروژه‌هایی تمام فعالیت‌های لازم برای اجرای پروژه از مرحله طراحی و مهندسی تا تدارکات کالا و ساخت نهایی بر عهده یک پیمانکار گذاشته می‌شود. پیمانکاران عمومی و پروژه‌های EPC، در همه صنایع و در اندازه‌های متفاوت وجود دارند

[1] National Iranian Oil Company

(wikipedia,2020). در ادامه این بخش به اختصار درباره شرکت نفت و گاز پارس جنوبی توضیح داده شده است.

شرکت نفت و گاز پارس به عنوان یکی از شرکت‌های فرعی شرکت ملی نفت ایران در اول دی ماه ۱۳۷۷ تأسیس گردید. توسعه کلیه فازهای میدان گازی پارس جنوبی و توسعه میادین گازی پارس شمالی، گلشن و فردوسی جز مسئولیت‌های این شرکت است.

میدان گازی پارس جنوبی (با نام گنبد شمالی در سمت قطر)، بزرگ‌ترین میدان گازی مستقل جهان است که به صورت مشترک بین ایران و قطر در خلیج‌فارس قرار دارد. این میدان مشترک جمعاً قریب ۴۰ تریلیون مترمکعب گاز داشته که بیش از ۲۱٪ کل گاز دنیا را شامل می‌شود. مساحت این میدان ۹۷۰۰ کیلومترمربع بوده که بخش متعلق به ایران ۳۷۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. ذخیره گاز این بخش از میدان گازی بابت سهم ایران معادل ۱۴/۲ تریلیون مترمکعب به همراه ۱۹ میلیارد بشکه میعانات گازی است معادل که حدود ۸٪ از کل گاز دنیا و حدود ۴۷٪ از ذخایر گاز کشور را شامل می‌شود و یکی از اصلی‌ترین منابع انرژی کشور به حساب می‌آید. توسعه میدان گازی پارس جنوبی با هدف تأمین تقاضای رو به رشد مصرف گاز طبیعی، تزریق به میادین نفتی، صادرات گاز و میعانات گازی و نیز تأمین خوراک مجتمع‌های پتروشیمی صورت می‌پذیرد. پارس جنوبی در زمینه توسعه دانش کار *EPC*، مهندسی نفت و مهندسی ساخت پالایشگاه و تجهیزات نقش عمده‌ای دارد. ارزش اقتصادی هر فاز پارس جنوبی حدود ۱٪ درآمد ناخالص ملّی را افزایش می‌دهد.

اهمیت تسریع در بهره‌برداری از میدان مشترک پارس جنوبی به عنوان بزرگترین مخزن گازی کشور و جهان که به تنهایی نیمی از ذخائر گاز طبیعی ایران را در خود جای داده است؛ ایجاب می-نمود که سازمانی مستقل با ساختار اجرایی ویژه جهت راهبری آن ایجاد گردد. در این راستا شرکت نفت وگاز پارس (سهامی خاص) در ارتباط با توسعه میدان پارس جنوبی به این شرکت منتقل گردید. انجام ماموریت‌ها و اجرای قراردادها در زمینه اکتشافات، توسعه، تولید نفت خام و گاز طبیعی و فرآورش و همچنین حمل و انتقال نفت‌خام و فرآورده‌های نفتی به مخازن و بنادر مربوطه، بارگیری در محدوده جغرافیایی پارس جنوبی، پارس شمالی و دیگر میادین دریائی در خلیج‌فارس و وظایف دیگری که مجمع عمومی شرکت تصویب نماید، از جمله وظایف و مسئولیت های این شرکت است. بر اساس مصوبه امور مجامع شرکت ملی نفت ایران فعالیت‌های عملیاتی مربوط به چاه‌ها، سکوهای دریائی و خطوط لوله انتقال زیر دریا تا قبل از واحد لخته‌گیر[1] تأسیسات خشکی به این شرکت واگذار گردیده است (شرکت ملی نفت و گاز پارس جنوبی،۱۳۹۹).

[1] Slug Catcher

۴- روش‌شناسی

این پژوهش به دنبال پاسخگویی به سوالات ذیل می‌باشد: چگونه می‌توان با استفاده از الگوریتم‌های درخت تصمیم به پیش‌بینی زمان تأخیر پروژه‌های EPC شرکت ملی نفت ایران پرداخت؟ مهم‌ترین معیارها در پیش‌بینی مدت‌زمان تأخیرات پروژه‌های EPC کدامند؟ کدام یک از الگوریتم‌های درخت تصمیم دقت بیشتری در پیش‌بینی مدت‌زمان تأخیرات پروژه‌های EPC دارند؟ قوانین منجر به تأخیر زمانی پروژه‌های EPC در شرکت ملی نفت ایران کدامند؟

قلمرو مکانی این پژوهش شرکت ملی نفت ایران، قلمرو زمانی اطلاعات مربوط به پروژه‌های شروع شده طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۴ و قلمرو موضوعی کنترل پروژه و داده‌کاوی است.

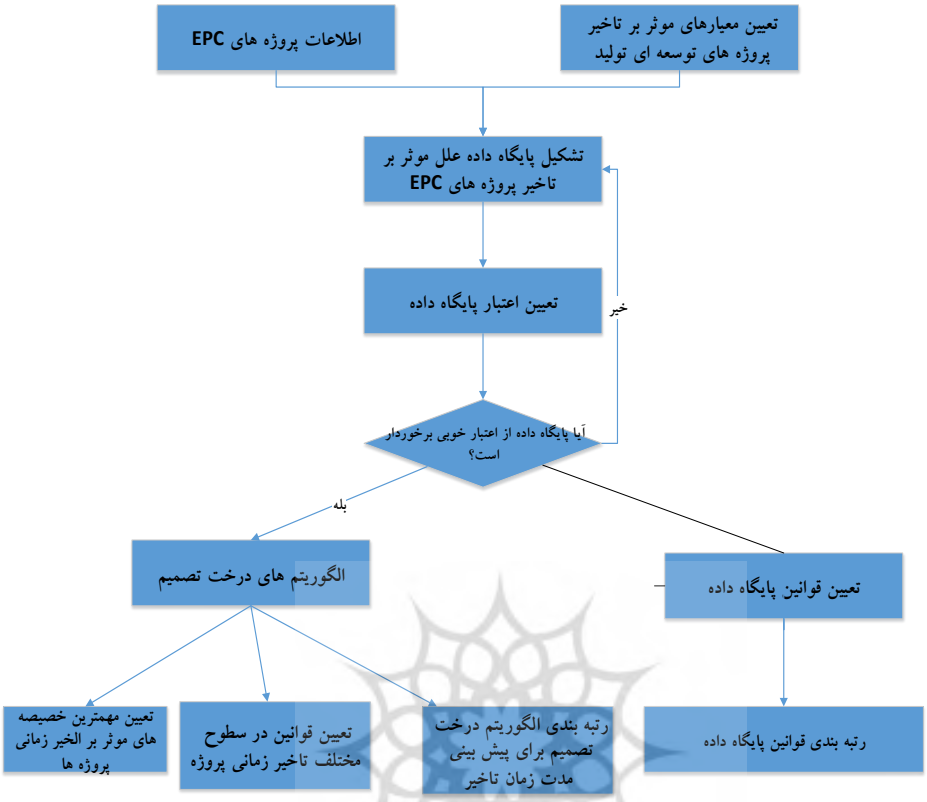
این پژوهش از نظر هدف کاربردی است چون مجموعه‌ای از قواعد و ابزارهای معتبر (قابل‌اطمینان) و نظام‌یافته برای بررسی واقعیت‌ها و کشف مجهولات و دستیابی به راه‌حل مشکلات ارائه می‌شود و قابل استفاده برای یک یا چند سازمان می‌باشد. از آنجایی‌که این تحقیق به بررسی وضع موجود می‌پردازد در قلمرو تحقیقاتی توصیفی است و چون به بحث پیش‌بینی مدت زمان تأخیر پروژه‌ها می‌پردازد اکتشافی است. قابل ذکر است سنجش روایی و پایایی پایگاه داده از طریق اعتباریابی Kتایی انجام شده است.

گردآوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای (مبانی نظری و پیشینه پژوهش) و میدانی (جمع‌آوری داده‌های لازم) بوده است.

خبرگان شامل کارشناسان متخصص و با سابقه کاریِ حداقل ۱۰ سال در حوزه پروژه‌های EPC و همچنین اساتید مجرب دانشگاه و متخصص در زمینه مدیریت پروژه و ساخت بوده‌اند.

جامعه آماری این پژوهش تمامی پروژه‌های شرکت ملی نفت ایران در حوزه EPC می‌باشد که در طبقه طرح‌های درجه دوم توسعه‌ای می‌باشد و تعداد آن‌ها حدود ۹۶۰ مورد است. از این بین پروژه‌هایی که مربوط به حوزه توسعه‌ای در میدان پارس جنوبی فازهای ۱ تا ۷ که به بهره‌برداری رسیده‌اند می‌باشد و تعداد آن‌ها ۲۰۶ پروژه می‌باشد مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

به منظور پیش‌بینی زمان تأخیر پروژه‌ها از ۵ الگوریتم درخت تصمیم شامل *C&R*، *C5*، *CHILD*، *QUEST* و *AS* استفاده شده است. روش تجزیه و تحلیل اطلاعات در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

مراحل انجام این پژوهش به اختصار در زیر آمده است:

فاز ۱: تشکیل پایگاه داده

مرحله ۱: تعیین حدود مسئله: در این مرحله حدود اصلی مسئله تعیین می‌گردند و با توجه به اهداف مسئله اطلاعات مورد نظر استخراج و شکل کلی پایگاه داده تعیین می‌گردد.

مرحله ۲: تعیین رکوردها: در این مرحله پروژه‌های عمرانی که قرا است مدت‌زمان تأخیر آن‌ها را مورد بررسی و پیش‌بینی قرار دهیم تعیین می‌شوند. با توجه به نظرات کارشناسان و اطلاعات موجود در شرکت ملی نفت ایران، پروژه‌های که بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ شروع به کارکرده‌اند با توجه به سال پایان و داده‌های موجود انتخاب‌شده‌اند.

مرحله ۳: تعیین خصیصه‌ها: در این مرحله خصیصه‌های ابتدائی در مورد هر یک از پروژه‌ها شامل موارد کمّی و کیفی می‌شود تعیین می‌گردد. قابل ذکر است خصیصه‌ها با توجه به مرور ادبیات و نظر خبرگان مشخص گردیده‌اند.

مرحله ۴: تعیین کلاس (برچسب) در پایگاه داده: در این مرحله با توجه به نظرات کارشناسان، پایگاه داده به چندین گروه طبقه‌بندی می‌شود.

فاز ۲: کشف دانش با استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی

مرحله ۱: طبقه‌بندی داده‌ها و تعیین درستی خصیصه‌ها: از آنجائی که داده‌کاوی این نقطه قوت را دارد که می‌توان نتایج به‌دست‌آمده را تا حد زیادی مورد آزمون قرار دهد با استفاده از الگوریتم‌های درخت تصمیم داده کاوی نسبت به اعتبار یابی ۱۰ تایی پایگاه داده اقدام می‌نماییم و درصورتی‌که دقت الگوریتم‌ها در تعیین مدت‌زمان تاخیر پروژه‌ها پائین باشد بایستی نسبت به تعیین خصیصه‌ها دوباره اقدام نمود؛ که معمولاً دقت بالای ۸۰٪ را در شرایط معمولی برای میزان اعتبار الگوریتم‌های طبقه‌بندی و چک کردن این مورد که خصیصه‌ها به‌درستی انتخاب‌شده‌اند مناسب می‌دانند. دقت کل از طریق اعتبار یابی ۱۰ تایی محاسبه می‌گردد.

مرحله ۲: تعیین مهم‌ترین خصیصه‌ها: در این مرحله با پیاده سازی الگوریتم‌های درخت تصمیم مهم‌ترین ویژگی‌ها توسط این الگوریتم‌ها تعیین می‌گردد. مهم‌ترین خصیصه ها مربوط به درختی است که دارای بالاترین دقت در پیش‌بینی مدت زمان تاخیر زمانی پروژه ها باشد.

مرحله ۳: تعیین قوانین پایگاه داده: در این مرحله با استفاده از الگوریتم‌های انجمنی و الگوریتم اپریوری نسبت به تعیین قوانین پایگاه داده و تعیین مقدار پشتیبان[1] و اطمینان[2] هر یک از قوانین که نشان‌دهنده اهمیت و مقدار درستی قوانین است اقدام می‌شود. لازم به ذکر است که نرم افزار کلمنتیان[3] که برای تحلیل داده‌ها در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد خود می تواند به ارزیابی قوانین پرداخته و رتبه‌بندی قوانین بصورت پیش‌فرض تعیین می‌گردد.

در ادامه توضیح مختصری از الگوریتم‌های مورد استفاده ارائه شده است.

۴-۱- قوانین انجمنی

یک قانون وابستگی (انجمنی) یک عبارت مانند $X \rightarrow Y$ است جایی که X مجموعه‌ای از آیتم‌هاست و Y تنها یک آیتم می‌باشد. روش‌های قوانین وابستگی، یک رویکرد اولیه اکتشاف داده‌ها هستند که اغلب برای مجموعه داده‌های بسیار بزرگ به کار می‌روند. الگوریتم‌های زیادی برای کاوش قوانین وابستگی در پایگاه‌های بزرگ داده‌ها پیشنهاد شدند. اکثر آن‌ها، مانند الگوریتم اپریوری،

[1] Support
[2] Confidence
[3] Clementine

همبستگی‌های میان تراکنش‌های شامل ویژگی‌های صریح و قاطع را که از مقادیر دودویی استفاده می‌کنند را شناسایی می‌کنند. الگوریتم اپرپوری برای پیدا کردن مجموعه آیتم‌های پرتکرار استفاده می‌شود.

الگوریتم اپریوری، الگوریتمی پایه‌ای برای استخراج الگوهای تکراری است. این الگوریتم برای شناسایی مجموعه اقلام تکراری به کار می‌رود. مجموعه اقلام تکراری برای استخراج مجموعه قوانین وابستگی بولین به کار برده می‌شوند. اپریوری از یک روش تکراری به نام جستجوی سطح-دانا[1] استفاده می‌کند. همچنین بهبود راندمان و کاهش فضای جستجو از ویژگی‌های این الگوریتم است (Jiawei et al.,2012).

۴-۲- درخت تصمیم

ساختاری درختی شبیه به فلوچارت است به طوری که هر گره آزمونی بر روی مقدار یک خصیصه است و هر شاخه، حاصل آن آزمون را نشان می‌دهد و برگ‌های درخت، کلاس‌ها را نشان می‌دهد (Sörensen & Janssens,2003).

تفاوت‌ها و توضیحات کلی الگوریتم‌های درخت تصمیم در ادامه آورده شده است:

۴-۲-۱) QUEST TREE یک الگوریتم جدید دو دویی گسترش درخت است که فیلد سمبولیک را مورد استفاده قرار می‌دهد. در تقسیم داده‌ها بصورت بازگشتی به زیر گروه‌ها فقط دو زیرگروه را پشتیبانی می‌کند. این الگوریتم یک الگوریتم سریع است که هرس نمودن آن رو به عقب است (Ture,2009).

۴-۲-۲) CHILD TREE برای ساخت یک درخت تصمیم، داده‌ها را متناوبا به زیرمجموعه‌های مشابه افراز می‌کند تا آنجا که هر زیرمجموعه دارای تعداد مشخصی نمونه شود. این الگوریتم می‌تواند درختی تولید کند که در برخی مواقع بصورت غیر دودویی عمل کند، در بخش جدا کردن چندتایی بجای جدا کردن دوتایی استفاده می‌کند. به این صورت که می‌توان نود پدر را به بیش از دو قسمت تقسیم نمود. این الگوریتم از آزمون کای‌دو برای تقسیم و تعیین نودهای بچه استفاده می نماید. سپس شاخه‌های درخت ساخته شده تا تحقق معیار توقف یا رسیدن به پیچیدگی خواسته شده هرس می‌شوند (Kiernan & Jancke,1995).

۴-۲-۳) C5 یک الگوریتم درخت‌تصمیم تک متغیره است. این الگوریتم دسته بندی را با تقسیم کردن داده‌ها به زیرمجموعه‌هایی که شامل رکوردهای همگن‌تر از والدهای خود هستند انجام می‌دهد در این الگوریتم تقسیم کردن نمونه‌ها بر اساس فیلدی است که بیشترین بهره اطلاعاتی را دارد (Quinlan,1993).

[1] Level-wise

۴-۲-۴) AS یک الگوریتم درخت تصمیم است که با استفاده از جستجوی دائم بین داده‌های طبقه‌بندی شده از طریق یک الگوریتم کروموزومی می‌تواند به طبقه‌بندی داده‌ها می‌پردازد. این الگوریتم معمولا در مورد پایگاه داده‌ای که دارای خصیصه‌های غیرعددی است باید مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۲-۵) الگوریتم درخت تصمیم C&R بر مبنای جستجوی الگوریتم انتخاب خصیصه CFS بنا شده است. بر این اساس در ابتدا مجموعه‌ای که می‌تواند در درخت‌ها وجود داشته باشند مشخص می‌شوند و در مرحله بعد با جستجوی رندم این مجموعه، به تشکیل درخت پرداخته می‌شود (Razi & Shariat,2017).

۵- یافته‌ها

خصیصه‌های ابتدایی در مورد هر پروژه که شامل موارد کمّی و کیفی می‌شوند به شرح زیر مطابق با مرور ادبیات تحقیق و نظر خبرگان مشخص گردیدند:

۱. محل اجرای پروژه (توسعه فازهای ۱ تا ۷)، ۲. محل اجرای فنی (تعمیرات اساسی برق، توسعه افزایش محصول اصلی، توسعه افزایش محصول اصلی، تعمیرات اساسی مکانیک، توسعه افزایش محصول فرعی، توسعه افت فشار، توسعه ابزار دقیق، توسعه انتقال، توسعه تاسیسات و توسعه مخازن) ۳. نوع برون سپاری پروژه (دولتی و خصوصی) ۴. پیچیدگی اجرای پروژه (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم) ۵. هزینه اجرای پروژه (میلیارد ریال) (بین ۱۰۰۰ میلیارد ریال تا ۲۵۰۰ میلیارد ریال) ۶. تعداد فعالیت های بحرانی (بین ۲۲ تا ۵۸) ۷. تعداد فعالیت های غیر بحرانی (بین ۵۷۱ تا ۷۰۳) ۸. تعداد فعالیت ها بر اساس *WBS* (بین ۶۲۳ تا ۷۳۰) ۹. مدت زمان تایید صورت وضعیت تا پرداخت (ماه) (بین ۱ تا ۱۰ ماه) ۱۰. درصد تامین قطعات از خارج (کمتر از ۲۵ درصد، بین ۲۵ تا ۵۰ درصد و بیشتر از ۵۰ درصد) ۱۱. دوره اجرای پروژه (سه ماهه)(بین ۱ تا ۱۵ دوره) ۱۲. نوع تامین مالی (خصوصی، بانکی و ملی).

مطابق با نظر و تجارب خبرگان، ۳ کلاس برای پایگاه داده در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

تاخیر مدت زمانی کم یا بدون تاخیر: در صورتی که حداکثر ۱۰ درصد تلورانس تا زمان واقعی وجود داشته باشد پروژه در این دسته قرار می گیرد.

تاخیر مدت زمانی متوسط: در صورتی که بین ۱۱ تا ۳۰ درصد تلورانس تا زمان واقعی وجود داشته باشد پروژه در این دسته قرار می‌گیرد.

تاخیر مدت زمانی زیاد: در صورتی که بیش از ۳۰ درصد تلورانس تا زمان واقعی وجود داشته باشد پروژه در این دسته قرار می گیرد.

لازم به ذکر است که پیش پردازش داده‌ها در این تحقیق به دلیل تمیز[1] بودن داده‌ها انجام نگردیده است و همچنین چون تمامی اطلاعات در سیستم قراردادها و کنترل پروژه شرکت نفت موجود می‌باشد لذا این اطلاعات بدون دستکاری و پیش پردازش خاصی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

با استفاده از چندین الگوریتم نسبت به طبقه‌بندی داده‌ها اقدام شد. جدول ۱ نشان‌دهنده دقت اجرای هر یک از الگوریتم‌های درخت تصمیم بر روی پایگاه داده است. لازم به ذکر است که استفاده شده است. این جدول نشان‌دهنده دقت کلی الگوریتم‌های طبقه‌بندی در پیش‌بینی میزان تأخیر پروژه‌ها و اساسی برای رتبه‌بندی الگوریتم‌های طبقه‌بندی است.

نحوه انتخاب الگوریتم مناسب بر مبنای دقت الگوریتم است؛ اگر الگوریتم درخت تصمیم دارای دقت مناسب که معمولا بیش از ۸۰ درصد برای آن لحاظ می‌گردد باشد، از نظر دقت مورد تایید است. مسلما دقت بیشتر نشانه عملکرد بهتر الگوریتم است.

جدول ۱: رتبه‌بندی الگوریتم‌های طبقه‌بندی

الگوریتم	تعداد پیش‌بینی صحیح	تعداد پیش‌بینی اشتباه	دقت (درصد)
C&R TREE	۱۷۵	۳۱	۸۵
C5	۱۸۷	۱۹	۹۱
CHILD TREE	۱۸۷	۱۹	۹۱
QUEST TREE	۱۷۵	۳۱	۸۳
AS-TREE	۱۶۷	۳۹	۸۱

با توجه به نتایج جدول بالا بهترین الگوریتم‌های درخت تصمیم برای مساله مورد بررسی، الگوریتم‌های *C5* و *CHILD* هستند.

از آنجائیکه هر یک از الگوریتم‌های درخت تصمیم توانایی تعیین مهم‌ترین خصیصه‌ها را دارند لذا با پیاده‌سازی این الگوریتم‌ها مهم‌ترین معیارهای پیش‌بینی مدت زمان تاخیر تعیین می‌گردد. بر اساس نتایج بدست آمده از الگوریتم *C5* مهم‌ترین معیارهای موثر بر تاخیر زمانی پروژه‌ها پیچیدگی اجرای پروژه، درصد تامین قطعات از خارج و تعداد فعالیت ها بر اساس *WBS* می‌باشد. بر اساس نتایج بدست آمده از الگوریتم *CHILD* مهم‌ترین معیارهای موثر بر تاخیر زمانی پروژه‌ها درصد تامین قطعات از خارج، پیچیدگی اجرای پروژه و محل اجرای پروژه می‌باشد.

با توجه به این‌که برای پیش بینی تاخیر زمانی پروژه‌ها نمی‌توان بصورت متداول به اجرای نرم‌افزار

اقدام نمود لذا مهم‌ترین قوانین پایگاه داده با استفاده از الگوریتم‌های درخت تصمیم تعیین می‌گردند. سپس مهم‌ترین قوانین در سطوح مختلف تعیین می‌شوند. برای ارزیابی قوانین از الگوریتم قوانین

[1] Clean

انجمنی استفاده شده است که نتایج آن در جداول۲ و ۳ قابل ملاحظه است. جدول ۲ نشان می‌دهد که قوانین بدست آمده دارای مقادیر قابل قبول ارزیابی می‌باشند و در این راستا حداکثر اطمینان ۱۰۰ درصد و حداقل مقدار آن که ۵۸ درصد است نشان دهنده قوی بودن قوانین است. همچنین جدول ۳ برخی از قوانین به دست آمده را نشان می‌دهد.

جدول ۲: اطلاعات مربوط به مدل

Rule Statistics[a,b]				
Measurements	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد
Condition Support (%)	۵/۳۴	۳۹/۸۱	۸/۸۳	۴/۰۱
Confidence (%)	۵۷/۸۹	۱۰۰/۰۰	۸۷/۱۰	۱۱/۲۴
Rule Support (%)	۵/۳۴	۲۹/۶۱	۷/۵۰	۳/۰۰
Lift	۲/۰۰	۳/۴۹	۲/۶۶	۰/۴۳
Deployability (%)	۰/۰۰	۱۳/۵۹	۱/۳۳	۱/۵۵
a. Number of Rules is 489.				
b. Number of Valid Events Data Source Records is 206.				

۶- بحث و نتیجه‌گیری

در حال حاضر تعداد زیادی پروژه از نوع EPC در شرکت ملی نفت ایران انجام می‌گردد که تخمین زمانی صحیحی بر روی آن‌ها انجام نمی‌گیرد. مدت‌زمان تأخیر پروژه‌ها بسیار بالا می‌باشد. با توجه به سیاست شرکت ملی نفت ایران برای کاهش مدت‌زمان بهره‌برداری از پروژه‌های صنعت نفت و در راستای عملکرد مطلوب ضرورت دارد تا با پیش‌بینی صحیح مدت‌زمانی اجرا، امکانات لازم برای تسریع در انجام پروژه‌ها بسیج شده و عوامل مؤثر بر تأخیر مشخص گردد. بدین ترتیب عملکرد مطلوب صنعت نفت در به‌کارگیری قابلیت‌ها و منابع داخلی در زمینه‌های تولید نفت و گاز و ساخت داخل و مشارکت بخش خصوصی در سرمایه‌گذاری برای توسعه صنعت نفت بهبود پیدا می‌کند.

در این تحقیق به منظور پیش‌بینی تأخیر زمانی پروژه‌های EPC شرکت ملی نفت و گاز پارس جنوبی که از زیرمجموعه‌های شرکت ملی نفت ایران است از ابزار داده‌کاوی استفاده شد. در این راستا بر اساس استفاده از نظرات خبرگان و همچنین با استفاده از مرور ادبیات تحقیق، مهم‌ترین معیارها در پیش‌بینی مدت‌زمان تأخیرات پروژه‌های EPC تعیین شدند. ۲۰۶ پروژه انتخاب و با استفاده از ۱۲ معیار، پیش‌یبنی تاخیر زمانی انجام شد. برای پیش‌بینی مدت زمان تاخیر پروژه‌ها از ۵ الگوریتم درخت تصمیم شامل از: *C&R*، *C5*، *CHILD*، *QUEST* و *AS* استفاده شد. الگوریتم‌های *C5* و *CHILD* عملکرد بهتری داشتند. نهایتاً قوانین منجر به تأخیر زمانی پروژه‌های EPC در شرکت ملی نفت ایران با استفاده از اجرای قوانین اپریوری استخراج شد.

جدول ۳: قوانین منجر به تاخیر زمانی در سطوح مختلف ارزیابی قوانین پایگاه داده

Rank & Rule ID	Condition	Prediction	Condition & Rule Support (%)	Lift
۱	پیچیدگی اجرای پروژه = زیاد درصد تامین قطعات از خارج = بیش از ۵۰ درصد نوع تامین مالی = بانکی	مدت زمان تاخیر = زیاد	۱۶/۵	۲/۸۶
۲	نوع برون سپاری پروژه = خصوصی پیچیدگی اجرای پروژه = زیاد درصد تامین قطعات از خارج = بیش از ۵۰ درصد نوع تامین مالی = بانکی	مدت زمان تاخیر = زیاد	۱۲/۶۲	۲/۸۶
۳	محل اجرای پروژه = توسعه فاز ۶ نوع تامین مالی = بانکی	مدت زمان تاخیر = زیاد	۱۱/۱۷	۲/۸۶
۴	مدت زمان تایید صورت وضعیت تا پرداخت (ماه) < ۸،۲۰۰ درصد تامین قطعات از خارج = بیش از ۵۰ درصد	مدت زمان تاخیر = زیاد	۱۰/۱۹	۲/۸۶
۵	پیچیدگی اجرای پروژه = خیلی کم نوع تامین مالی = خصوصی	مدت زمان تاخیر = کم/بدون تاخیر	۹/۷۱	۳/۴۹
۶	پیچیدگی اجرای پروژه = خیلی کم درصد تامین قطعات از خارج = کمتر از ۲۵ درصد نوع تامین مالی = خصوصی	مدت زمان تاخیر = کم/بدون تاخیر	۹/۷۱	۳/۴۹
۷	پیچیدگی اجرای پروژه = خیلی کم ۲،۱۲۲/۸۰۰ ≤هزینه اجرای پروژه (میلیارد ریال)< ۱،۸۶۵/۶۰۰	مدت زمان تاخیر = کم/بدون تاخیر	۹/۲۲	۳/۴۹
۸	پیچیدگی اجرای پروژه = زیاد ۶۷۶/۶۵۰≤ تعداد فعالیت های غیر بحرانی < ۶۵۰/۲۰۰ درصد تامین قطعات از خارج = بیش از ۵۰ درصد	مدت زمان تاخیر = زیاد	۹/۲۲	۲/۸۶
۹	محل اجرای پروژه = توسعه فاز ۶ درصد تامین قطعات از خارج = بیش از ۵۰ درصد	مدت زمان تاخیر = زیاد	۸/۷۴	۲/۸۶
۱۰	محل اجرای پروژه = توسعه فاز ۶ درصد تامین قطعات از خارج = بیش از ۵۰ درصد نوع تامین مالی = بانکی	مدت زمان تاخیر = زیاد	۸/۷۴	۲/۸۶

طبق بررسی‌های انجام شده این تحقیق از نظر ویژگی‌های مؤثر بر تأخیر پروژه‌ها با تحقیق اسف و الحجی (Assaf & Al-Heji,2006). شباهت دارد. همچنین در نحوه استخراج قوانین استخراج شده از پایگاه داده و شباهت در ویژگی‌های مؤثر بر تأخیر پروژه‌ها نیز با پژوهش ملو و سانچز (Melo & Sanchez,2016) مشابهت دارد.

با توجه به نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌شود:

- معیارهای مهمی همچون پیچیدگی اجرای پروژه، درصد تامین قطعات از خارج، تعداد فعالیت‌ها بر اساس *WBS* و محل اجرای پروژه مورد توجه قرار گیرد.
- در تهیه برنامه‌های اجرایی ادوار مختلف، زیر پروژه‌های پروژه مرجع که دارای خصیصه‌های تعیین شده می‌باشند، بحرانی تلقی گردند.
- برای کاهش تاخیر در اجرای پروژه‌ها، از شاخص‌های تعیین شده در مدیریت ریسک پروژه استفاده شود و به این شاخص‌ها وزن بالاتری نسبت به سایر شاخص‌های استخراجی تخصیص داده شود.
- با توجه به نوسانات ارزی و مشکلات مربوط به تاخیرهای زمانی در تامین قطعات به دلیل مشکلات اقتصادی و تحریم‌های بین المللی، در راستای کاهش تاخیرهای تحمیل شده به پروژه‌ها و همچنین کاهش ضررهای مالی ناشی از این تأخیرها، پیشنهاد می‌گردد درصد تامین قطعات از خارج کاهش یافته و جهت حمایت از تولید ملی میزان همکاری با تولید-کنندگان و تامین کنندگان داخلی حدالامکان افزایش یابد.

همچنین موارد زیر برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود:

- استفاده از متدولوژی *SEMMA* و اجرای آن برای تحلیل داده‌های این تحقیق
- خصیصه‌های بیشتری استخراج شوند و سپس پیش‌بینی انجام شود.

پرتال جامع علوم انسانی

منابع

ایرانمنش، حسین، مهدی پیلتن و حمید محمدلو. مقایسه روش‌های آنالیز تأخیرات پروژه های ساخت و به کارگیری روش پنجره‌های زمانبندی برای یک پروژه واقعی، *اولین کنفرانس ملی صنعت نیروگاه‌های حرارتی*، تهران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.

خانزادی، مصطفی، شهریار افندی‌زاده و ایمان ابریشم‌چی. برآورد تأخیر در ساخت پروژه‌های راه‌سازی بر اثر شرایط آب و هوایی با تحلیل فازی – احتمالاتی، *پژوهش‌نامه حمل‌ونقل*، سال هشتم، شماره سوم، ۱۳۹۵، ۲۱۱-۲۲۴.

فعال عراقی، کیمیا و ایرج نوری. استفاده از رویکرد الگوریتم قوانین تجمعی و تحلیل پوششی داده ها در پیش بینی مدت زمان تاخیر پروژه های عمرانی، *چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در علوم مهندسی و تکنولوژی*، هند، ۱۳۹۵.

فعال عراقی، کیمیا و ایرج نوری. تعیین و رتبه بندی عوامل موثر بر تاخیر پروژه های عمرانی با استفاده از الگوریتم‌های انتخاب خصیصه داده کاوی، *چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهش های نوین در علوم مهندسی و تکنولوژی*، هند، ۱۳۹۵.

Ahmed, Syed M., Salman Azher, Mauricio Castillo and Pragnya Kappagantula. "Construction delays in Florida; an empirical study". *International Journal of Project Management*, (2002): 46-53.

Al-Hazim, Nabil, Zaydoan Abu Salem and Hesham Ahmad. "Delay and cost overrun in infrastructure projects in Jordan". *Procedia Engineering*, 182, (2017): 18–24.

Arditi, David., Shruti Nayak and Atilla Damci. "Effect of organizational culture on delay in construction". *International Journal of Project Management* 35, (2017): 136–147.

Artidi, David. and Mark A. Robinson. "Concurrent Delays in Construction Litigation Delay in Construction". Pennsylvani: a Project Management Institute, 1998.

Assaf, Sadi A. and Sadigh Al-Hejji. "Causes of delay in large construction projects", *International Journal of Project Management* 24(4), (2006): 349–357.

Aziz Remon Fayek. "Ranking of delay factors in construction projects after Egyptian revolution". *Alexandria Engineering Journal*, 52, (2013): 387–406.

Aziz, Remon F. and Asma A. Abdel-Hakam. "Exploring delay causes of road construction projects in Egypt". *Alexandria Engineering Journal*, 55, (2016): 1515–1539.

Doloi, Hemanta, Anil Sawhney, K.C. Iyer and Sameer Rentala. "Analysing factors affecting delays in Indian construction projects". *International Journal of Project Management*, 30, (2012): 479-489.

Elawi, Ghazi Saad A., Mohammed Algahtany and Dean Kashiwagi. "Owners' perspective of factors contributing to project delay: case studies of road and bridge projects in Saudi Arabia". *Procedia Engineering*, 145, (2016): 1402–1409.

Fallahnejad, Mohammad Hossein. "Delay causes in Iran gas pipeline projects". *International Journal of Project Management*, 31, (2013): 136–146.

Gebrehiwet, Tsegay and Hanbin Luo. "Analysis of Delay Impact on Construction Project Based on RII and Correlation Coefficient: Empirical Study". *Procedia Engineering*, 196, (2017): 366-374.

Gunduz, Murat, and Muhanad H.A. AbuHassan. "Causes of construction delays in Qatar construction projects". *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 10(4), (2016): 516-521.

Han, Jiawei, Jian Pei, and Micheline Kamber. Data mining: concepts and techniques. Elsevier, 2012.

https://en.wikipedia.org/wiki/Engineering,_procurement,_and_construction

http://pogc.ir

Kiernan, Casey L., and Gavin Jancke. "Method for separating a hierarchical tree control into one or more hierarchical child tree controls in a graphical user interface". (1995)

KV, Prasad, Vasugi V, Venkatesan R and Nikhil Bhat. "Analysis of causes of delay in Indian construction projects and mitigation measures". *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 24(1), (2019): 58-78.

Melo, Ana C.V. de and Adilson J. Sanchez. "Software maintenance project delays prediction using Bayesian Networks". *Expert Systems with Applications*, Volume 34, Issue 2, (2016): 908–919.

Quinlan, J. Ross. C4.5: Programs for Machine Learning. The Morgan Kaufmann Series in Machine Learning. Morgan Kaufmann, 1993.

Razi, Farshad Faezy, and Seyyed Hooman Shariat. "A hybrid grey based artificial neural network and C&R tree for project portfolio selection". *Benchmarking: An International Journal* (2017).

Ruqaishi, Muhammed, and Hamdi A. Bashir. "Causes of delay in construction projects in the oil and gas industry in the gulf cooperation council countries: a case study". *Journal of Management in Engineering*, 31(3), (2015).

Sambasivan, Murali, T.J. Deepak, Ali Nasoor Salim and Venishri Ponniah. "Analysis of delays in Tanzanian construction industry: Transaction cost economics (TCE) and structural equation modeling (SEM) approach". *Engineering, Construction and Architectural Management*, *24*(2), (2017): 308-325.

Schumacher, Lee. "Quantifying and apportioning delay on construction projects". *Cost engineering*, 37(2), (1995): 11-13.

Sörensen, Kenneth, and Gerrit K. Janssens. "Data mining with genetic algorithms on binary trees". *European Journal of Operational Research*, *151*(2), (2003): 253-264.

Sunjka, Bernadette.P. and Unwanna Jacob. "Significant Causes and Effects of Project Delays in the Niger Delata Region, Nigeria". *SAIIE25 Proceedings*, Stellenbosch, South Africa, (2013).

Ture, Mevlut, Fusun Tokatli, and Imran Kurt. "Using Kuaplan-Meier analysis together with decision tree method (C&RT, CHAID, QUEST, C4.5 and ID3) in determining recurrence-free survival of breast cancer patients". *Expert Systems with Applications*, 36(2), (2009):2017-2026.

Zarei, Behrouz, Hossein Sharifi, and Yahya Chaghouee. "Delay causes analysis in complex construction projects: a Semantic Network Analysis approach". *Production Planning & Control*, 29(1), (2018): 29-40.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی