

# Feature Selection을 활용한 해외 건설의 공사변경 관리에 관한 연구 - 중동 플랜트 건설프로젝트를 중심으로 -

홍선영<sup>1</sup> · 염춘호<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>서울시립대학교 글로벌건설학과 석사과정 · <sup>2</sup>서울시립대학교 국제도시과학대학원 교수

## A Study on Change Orders in Overseas Construction using Feature Selection - Focus on Plant Construction in the Middle East -

Hong, Sunyoung<sup>1</sup>, Yeom, Chunho<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, International School of Urban Sciences, University of Seoul

<sup>2</sup>Professor, International School of Urban Sciences, University of Seoul

**Abstract :** This paper looks into how to enhance construction project management, focusing on the change order, which is often considered one of the major causes for construction delays, disputes, and claims in the middle east construction. First, this paper categorizes the major causes of change orders. It suggests a detailed classification standard for affecting factors resulting from change orders based on a case study result of an on-going construction project in the Middle East. In particular, this paper presents a method to apply a machine learning-based feature selection to quantify the importance of change order triggers and affecting factors. As a result, the case study identifies six major change order triggers and eight affecting factors. Also, a meaningful relationship between change order triggers and affecting factors by each category is presented. This paper will contribute to setting a clear guideline for change order management for the international plant construction field while helping prevent construction delays and cost run-ups by reducing the time required for change order resolution between project owners and contractors.

**Keywords :** Change Order, Machine Learning, Feature Selection, Overseas Construction, Project Management

### 1. 서론

국내 건설사의 해외 건설은 1960년대 태국 고속도로 건설공사 수주를 시작으로 현재까지 지속적으로 성장해왔다. 특히 2007년 유가 상승에 따라 중동지역 산유국들이 자본을 확충하여 산업 인프라 건설 투자를 확대함에 따라 국내 기업들의 수주금액이 급격하게 증가하며 양적 성장(Yoon, 2017)을 이루었다. 그러나 2011년 이후 유가 하락으로 많은 국가의 신규 건설 발주 물량이 감소세를 보여 왔으며, 최근 COVID-19 (Corona Virus Disease 19)로 인해 중동지역 주요 산유국들의 원유 감산 합의에 따른 국제 원유시장의 불안정성이 계속 확대되고 세계 경제위축에 대한 우려가 커지

는(Bae, 2020) 등 대외환경의 불확실성으로 인해 국내 건설사의 해외 건설 수주금액은 약 260억~280억으로 전망된다(KEXIM Bank, 2020). 해외 플랜트 건설은 사업규모의 증가와 복잡성으로 위험요소가 증가 했음에도 불구하고, 기존 국내 및 과거 관행으로 해외 프로젝트를 수행함으로써 반복적으로 발생하는 수익성의 악화를 겪고 있기 때문에 프로젝트 관리표준 및 검토와 분석을 통한 수익성확보가 필요하다(Kang, 2016). 또한, 해외 시장에서 국내 건설사들이 활로를 찾기 위해서는 해외 선진 기업과 같이 기획, 설계, 사업관리 등 부가가치가 높은 엔지니어링 산업을 통해 활로를 찾는 것이 중요하다(Yeom et al., 2018).

이처럼 해외 플랜트 건설시장이 위축되어 수주 확대가 불가피한 환경에서, 4차 산업혁명 기술을 활용하여 그간 해외 경험을 통해 축적된 입찰·인력·사업비 등의 데이터 등을 연구한다면, 향후 해외 건설 사업을 체계적으로 수행하고 국내 기업의 경쟁력을 키울 수 있을 것이다. 최근 학습된 데이터를 바탕으로 매년 발전된 결과를 활용하여 예측하는 인공지능 경망 기반의 머신러닝을 활용한 연구가 정보통신·바이오 등

\* **Corresponding author:** Yeom, Chunho, International School of Urban Sciences, University of Seoul, Seoulsiripdaero 163, Dongdaemun-gu, Seoul, Korea

**E-mail:** chunhoy7@uos.ac.kr

**Received** January 8, 2021; **revised** February 1, 2021

**accepted** February 2, 2021

다양한 산업 및 학문 분야에서의 연구가 활발하나, 아직 건설 분야의 적용 연구는 미비한 실정이다.

이 연구에서는 다양한 프로젝트 관리 요소 중에서도 중동 지역 건설 프로젝트에서 공정 지연과 함께 주요 분쟁의 원인으로 대두되는 공사변경의 연구를 통해 상향된 프로젝트 관리 방안을 제시하고자 한다. 우선 중동지역 A 플랜트 건설 공사에서의 공사변경 사례를 검토하여 해외 플랜트 건설에서 발생하는 공사변경의 주요 원인과 이에 영향을 받는 요인들을 도출하여 유형화하고자 한다. 특히, 머신러닝 Tool 중 하나인 WEKA(웨카)에서 제공하는 다양한 Feature Selection 기법을 활용하여 계량화 된 수치들의 비교를 통해 공사변경과 주요 영향 요인들의 관계에 대해 연구하고자 한다.

이 연구의 구성은 다음과 같다. 우선 1장에서 연구배경 및 목적을 서술하였고, 2장에서는 공사변경 관련 주요 개념을 살펴보고 선행연구 검토를 통해 시사점을 도출하였다. 이후 3장에서는 연구모형 및 적용 분석기법에 대해 알아보고 연구대상이 되는 자료 등 연구방법을 정리하였고, 4장에서는 연구결과인 주요 공사변경 원인 도출, 영향을 받는 요인 및 Feature Selection 분석결과를 정리 및 해석하였다. 마지막으로 5장에서 이 연구의 한계점과 시사점을 제시하였다.

## 2. 주요 개념 및 선행연구 검토

### 2.1 공사변경에 대한 이해

#### 2.1.1 공사변경의 개념, 원인 및 영향

대부분의 건설 프로젝트는 계약 당시에 확정하기 어려운 사항들을 포함하고 있는 경우가 많기 때문에 거의 모든 건설 프로젝트에서 공사변경이 발생한다고 할 수 있다. 공사변경은 Change Order 또는 Variation이라는 용어도 사용되며, 원래의 업무 범위, 실행 기간, 비용 및 작업 비용의 수정을 발생하는 모든 이벤트로 정의되며, 각 프로젝트의 고유성과 계획에 사용할 수 있는 제한된 시간·비용 자원으로 인해 변경이 불가피하다(Hanna et al., 2002). 국내에서는 주로 ‘설계변경’이라는 용어가 사용되고 있으나, 공사변경은 설계변경을 포함하는 개념이므로 이는 조금 협의적인 의미라 할 수 있다. 또한, 건설 사업에서 공사변경은 단일 분야의 변경만이 아니라 상호 연계된 다른 분야, 즉 연관된 원인들을 결합한 복합적인 분야의 변경들을 동시다발적으로 수행해야 하기 때문에 프로젝트 통합적인 관점(Holistic approach)에서 개념을 정립할 필요가 있다. ‘계약변경(Amendment or Modification)’이라는 용어도 생각할 수 있으나, 계약변경에는 공사변경을 포함한 건설 계약의 다른 조건변경을 모두 포괄하는 개념(Chung, 2016)으로 보기 때문에 본 연구에서

다루고자 하는 공사변경과는 그 개념이 동일하지 않다. 따라서, 공사변경과 계약변경은 구분되어 정의되어야 하며, 이 연구에서는 국제 계약상 정의된 공사변경을 중점적으로 연구하고자 한다.

일반적으로 공사변경이 발생하는 주된 원인으로는 공사를 착수하거나 시공 과정에서 예측하지 못한 현장 조건, 설계 도면의 오류 및 개정, Specification과 상이한 현장에서의 작업 범위의 변경, 계약 시점과 변경된 기술 사양의 오류 등이 논의된다. Hinze(2001)는 일반 건설 프로젝트에서의 공사변경 유형과 원인을 <Table 1>과 같이 제시하였다.

Table 1. Types and source of change orders

Type	Description
Changes in scope	Owner has requested to design change
Unforeseen conditions	Site conditions differ from the expected, requested by contractor or professional
Professional errors and omissions	Requested by contractor or professional
Errors	Professional has incorrectly drawn the construction design plans and specifications.
Omissions	Professional has inadvertently omitted an item or element from the plans.

공사변경으로 인해 발생하는 영향들에 대해서는 활발한 연구가 진행되어 왔다. 건설 프로젝트의 많은 생산성 감소(Moselhi et al., 2005), 공사 지연(Alnuaimi et al., 2010) 및 비용 초과(Serag et al., 2010) 등의 원인으로 제시되고 있으며, 프로젝트 비용 및 일정에 상당한 영향을 주고 프로젝트 참여자 사이에 부정적인 영향을 끼치기도 한다. 또한, 공사변경을 처리 하는 과정에서도 복잡한 승인 절차와 허용 능력 이상의 관리 자원과 인력의 요구로 인해 건설 프로젝트의 혼잡을 야기하고 있다는 문제가 있다(Loch & Terwiesch, 1999). 즉, 공사변경 관리 프로세스가 체계적으로 정립되지 않거나 공사변경을 관리하는 전문 조직이 부재하다면, 업무 처리 기간이 길어지고 예측하지 못한 비용이 발생 가능성이 커진다고 할 수 있다. 따라서 최근에는 공사변경 관리 절차를 간소화하고 처리 기간을 단축하기 위한 프로세스 최적화에 대한 연구가 증가하는 추세이다.

최근 세계적인 동향을 보면 북미지역에서는 공사변경이 공정지연과 비효율성을 유발하여 분쟁으로 자주 이어지기 때문에, 프로젝트 초기에 리스크로 구분하고 관리하고 있다. 또한, 중동지역에서는 발주자의 공사변경 요청이 2018년까지 건설 분쟁의 3대 원인으로 꼽힐 정도로(ACARDIS, 2019) 중요한 프로젝트 관리 요소 중 하나로 꼽힌다.

#### 2.1.2 공사변경 관련 국내외 규정 및 시사점

국제 건설표준계약인 FIDIC 뿐만 아니라 다른 표준계약에

서는 당사자들 간 계약상 합의에 의해 발주자에게 공사도중 일방적으로(unilateral) 공사변경(variation or change order)를 지시할 수 있는 권한을 부여하고 있다(Chung, 2016). FIDIC의 Red Book·Yellow Book· Silver Book (FIDIC, 2017)에서 공통적으로 제13조 변경 및 조정(Variation and Adjustment)에서 관련된 사항을 다루고 있으며, 13.1항의 변경할 권리에 따르면, 공사변경 지시서의 13.3항의 변경 절차에 따라 공사에 대한 인수확인서가 발급되기 전까지 언제라도 계약자에게 발행이 가능하다. 발급주체는 Red Book과 Yellow Book의 경우 감리자(Engineer)이고 Silver Book에서는 발주자(Employer)이다. Silver Book은 13.1항에서 다른 주체에 의하여 수행되어야 하는 작업의 삭제는 포함하지 않는다는 조건을 추가적으로 명시하고 있는데 차이가 있다.

미국 FAR 조항에서는 국내 국가계약법과는 달리 별도로 설계변경에 대한 규정을 두고 있지 아니하며 계약변경(Contract modification)에서 포괄적으로 규정하고 있으며, 공사변경은 설계, 도면, 기술서, 시공방법, 정부 제공 물품, 계약 기간 등 모든 부분의 변경을 의미한다(Kim, 2016). 국내의 경우 정부발주 플랜트 공사에 대해 국가계약법 시행규칙 제41조 1항 및 공사계약일반조건 제19조에서 설계변경을 세 가지로 구분하는데 이는 첫째, 설계서의 불분명함, 누락·오류 및 설계 도서 간의 상호모순 등에 의한 설계변경, 둘째, 현장 상태와 설계서의 상이함에 따른 설계변경, 셋째, 발주기관의 필요에 의한 설계변경이다.

위에서 살펴본 바와 같이 플랜트 건설에서의 공사변경은 여러 공사 분야가 복합적인 관계를 성립하고 있기 때문에, 공사변경의 원인과 특정 분야의 1:1 관계를 형성 하는데 한계가 있다. 특히, 공사변경은 현장에서의 물리적인 변경과 행정적인 계약변경을 동시에 진행해야 하므로 통합적인 관점에서 접근과 관리가 필요하다. 공사변경이 발생하는 경우 발주자는 구체적인 변경 업무 범위, 수행 기간 및 비용 보상 또는 비용보상에 대한 지급 여부를 확정하지 않거나 긴급하게 수행을 강요하는 경우가 자주 발생한다. 치열한 경쟁을 통해 수주를 체결한 계약자들은 협상력이 취약하여 적절한 보상을 확인받거나 공사기간 연장을 주장하기 어려운 상황이다. 따라서 공사변경은 건설 프로젝트에서 계약변경을 위한 법적 수단으로서의 기준이 되며, 그 자체가 원인에 관계없이 프로젝트 관리를 어렵고 복잡하게 만들고 있다. 이에 공사변경의 효율적인 관리와 최적화된 처리 프로세스 수립의 중요성이 강조되어야 한다.

## 2.2 선행연구 고찰 및 기존 연구와의 차별성

선행연구에 있어 해외 플랜트 건설의 공사변경에 있어 Feature Selection기법을 적용한 사례는 없었으므로, 공사

변경에 관한 연구와 인공지능을 활용한 건설 분야의 연구를 중점적으로 검토하였다. 공사변경과 관련한 연구는 ‘공사변경 원인과 영향’ 또는 ‘공사변경 관리 체계’에 관한 연구로 구분 할 수 있다(Table 2).

Table 2. Literature Review on Change Orders

Category	Author	Title
Cause of Changer Order	Heish et al. (2004)	Statistical analysis of causes for change orders in metropolitan public works
	Alnuaimi et al. (2010)	Causes, Effects, Benefits, and Remedies of Change Orders on Public Construction Projects in Oman
	Ijaola & Iyagaba (2012)	A comparative Study of Causes of Change Orders in Public Construction Project in Nigeria and Oman
Change Order Process	Park & Peña-Mora (2003)	Dynamic change management for construction : Introducing the change cycle into model-based project management
	Jamal et al. (2015)	Factors Affecting Change Orders In Public Construction Projects
	Khazadi et al. (2018)	Fuzzy Cognitive Map Approach to Analyze Causes of Change Orders in Construction Projects

해외 건설 분야의 연구에 있어 인공지능을 활용한 선행 연구는 건설관련 신문 등의 인터넷의 비정형화된 빅데이터(Big Data)를 텍스트 마이닝(Text Mining) 분석기법을 활용하여 해외건설 관련 핵심 이슈를 분석한 연구(Park & Han, 2018), 사례기반추론(Case Based Reasoning)기법을 활용하여 국내 철도시설 공사를 사례로 ‘일 평균 추가 간접비’ 기반의 ‘공기연장 추가 간접비 산정 모델’을 제시한 연구(Kim, 2018), 해외 플랜트 EPC 사업의 입찰 단계에서 비용 초과를 방지하기 위해 자동화된 정보기술인 Watson AI를 적용해 위험 요소를 분석하여 ITB 위험 관리 모델 구축을 제시한 연구(Lee et al., 2019), 데이터마이닝의 분류 기법 중 인공신경망, 서포트벡터회귀, 의사결정나무 알고리즘을 활용하고 앙상블 기법을 적용하여 각 모델의 비교를 통해 화공플랜트 EPC 사업의 효율적인 인적자원관리와 투입규모 예측모델을 개발을 연구(Choi, 2019) 등 다양한 연구가 활발히 수행되고 있었다.

선행연구 검토결과 해외 플랜트 건설의 공사변경 원인과 영향 요인에 관한 연구와 Machine Learning 기반의 Factor Selection 기법을 활용한 연구사례는 없었다. 따라서 이 연구에서는 해외 플랜트 건설에 적용 가능한 공사변경의 주요 원인과 영향 요인을 도출하여 이를 실제 공사변경에 적용하고자 한다. 특히 Feature Selection을 통해 변경 원인과 영향 요인의 중요도를 비교해 상관관계가 있는지 분석하고, 이를 향상된 공사변경 관리방안의 적용 가능성에 대해 고찰하고자 한다.



### 3. 연구방법

#### 3.1 연구방법론

##### 3.1.1 Machine Learning에 대한 이해

머신러닝은 인공지능의 한 분야로, 데이터 형태로 얻어지는 경험으로부터 특정한 목표 작업에 대한 성능을 향상시키는 일련의 과정으로 정의된다. 대다수의 기존 인공지능 기술들은 연역적 추론을 기반으로 하여 새로운 지식의 생성에 한계가 있는 반면에, 머신러닝은 컴퓨터가 대량의 데이터로부터 귀납적 추론을 통해 스스로 새로운 지식을 도출하는 것이 차별화 된다(Cho & Kang, 2016). 머신러닝 방법론으로는 지도학습(Supervised Learning), 자율학습(Unsupervised Learning), 딥러닝(Deep Learning)이 대표적이다. 지도학습은 주어진 입력 데이터로부터 하나의 함수를 유추하여 새로운 객체에 대한 목표치를 예측하는 방법이다. 목표치의 형태에 따라 연속적인 값을 출력하는 것을 회귀분석(Regression)이라 하고, 입력 데이터가 어떤 부류의 값인지 표시하는 것을 분류(Classification)라고 한다(정동규, 2017). 자율학습은 정답이 무엇인지 생략되고 목표만 주어지는 학습법으로 군집화(Clustering), 밀도추정(Density Estimation) 등이 있다.

이 연구에서 활용하고자 하는 WEKA는 뉴질랜드 와이카토 대학교(The University of Waikato)에서 개발한 데이터 마이닝 공개 소프트웨어이다. 자바(JAVA)로 작성되어 어떤 플랫폼에서도 실행 가능하고, 직접 데이터를 사용하여 적용할 수 있고, 사용자가 작성한 자바코드에서 사용할 수 있다. 의사 결정 나무(Decision Making Tree), 선형회귀(Linear Regression) 등 다양한 분석기법을 제공하며 집약화 기법과 연관성 구축 등의 기능도 가지고 있다(Lee, 2014).

##### 3.1.2 Feature Selection 기법

Feature(특성)는 변수를 의미하고 Feature Selection은 원본 데이터에서 목표변수에 연관성이 큰 투입변수를 찾는 방법(Jain et al., 1997)으로 가장 좋은 성능을 보여줄 수 있는 데이터의 부분집합(Subset)을 찾아내는 방법이다. 즉, 가지고 있는 특성 중 훈련에 가장 유용한 특성을 선택하는 것(Aurélien, 2019)을 말한다. Feature Selection의 장점은 분류 목적과 가장 밀접하게 연관된 특징만을 사용하여 모형의 성능 향상이 가능하며, 처리할 데이터의 양이 줄어들어 처리 속도를 빠르게 한다. 이에 데이터 분석 결과를 실제 업무에 적용 시킬 때에는 Feature Selection이 중요한 역할을 하며 Saurav Kaushik (2016)은 Feature Selection을 활용한 문제 해결 과정은 <Fig. 1>와 같이 제시하였다.



Fig. 1. Processing step using Feature Selection

본 연구에서는 통계 기준으로 우선순위를 부여해 높은 순위의 부분 집합을 선정하는 필터방식에서 주로 사용되는 ‘OneR Attribute Evaluator’, ‘Correlation Attribute Evaluator’, ‘ReliefF Attribute Evaluator’의 3가지 알고리즘 활용하여 연구하고자 한다. 첫 번째 ‘OneR Attribute Evaluator’는 One R 분류기가 취하고 있는 간단한 정확성 척도를 이용하여, 단 하나의 속성을 검사하고 그 결과에 따라 규칙을 만든다. 훈련 Data에서 가장 자주 발생하는 Class를 사용하면 그 규칙의 오류를 쉽게 얻을 수 있다. 이러한 방식으로 각 속성이 갖는 모든 규칙 집합의 오류 비율을 계산하고, 최적의 규칙을 선택한다. 두 번째 ‘Correlation Attribute Evaluator’는 목적변수와 상관관계가 높고 독립변수 사이에 상관관계가 낮은 독립변수를 우선적으로 선택하는 방법이다. Correlation based Feature Selection (CFS) 기법은 여러 가지 후보 인자 중 상관성을 기반으로 예측모델에 사용될 대표적인 머신러닝 기법의 하나로, Best-first 방법, 즉 추정해야 할 결과와 상관성이 크면서, 동시에 다른 속성들과의 상관성은 낮은 속성을 탐색하는 방법이다. 세 번째 ‘ReliefF Attribute Evaluator’는 Instance 기반의 속성 평가기인데 이는 무작위로 Instance들을 표본 추출한 후 동일한 Class와 서로 다른 Class에 이웃하는지 검사하는 기법이다. 무작위로 표본 Instance를 추출하여 동일하거나 서로 다른 Class들의 이웃기록(‘근접 적중’ 또는 ‘근접 실패’)들을 확인할 수 있다. 근접 적중이 특정 속성에 대해 다른 값을 갖고 있다면 해당 속성은 무관한 속성으로 나타나며, 가중치가 줄어든다. 반면 근접 실패 기록이 다른 값을 갖고 있다면 속성은 관련 속성으로 보고 가중치가 증가한다. 이런 동작을 여러 번 반복 후에 속성 선택을 진행한다. 즉 양의 가중치를 갖고 있는 속성들만 선택한다. 이런 알고리즘을 통해 평가된 데이터들은 Ranker의 개별 평가 결과를 기준으로 정렬되었다. Ranker는 속성들의 순위를 매길 뿐만 아니라 더 낮은 순위의 속성들을 제거해 나갈 수 있기 때문에 사용자가 속성들을 버리기 위한 상한 값의 임계치를 설정할 수도 있고, 또는 얼마나 많은 속성들을 유지시킬 수 있을지 설정할 수도 있다(Witten. I. et al., 2013).

#### 3.2 자료수집 및 분석단계

본 연구의 대상은 국내 기업이 중동지역의 A 플랜트 건설 프로젝트에서 수행한 공사변경 사례이다. 이 중에서 2009년부터 2019년까지 10년간 공사변경 중 업무가 완료되고 상세한 수준의 데이터가 온전하여 분석이 유효한 98개의 사례를 연구 대상으로 한정하였다.

이와 같이 선별된 대상 프로젝트 데이터는 우선 마이크로 소프트웨어에서 제공하는 엑셀(Excel) 프로그램에 단순화

된 텍스트 형태로 정리한 후 WEKA에서 활용할 수 있도록 CSV 형태로 변환한다. 그다음 WEKA 프로그램에서 변환된 CSV 파일을 업로드하고, Select Attributes 항목의 Attribute Evaluator에서 연구에서 활용하고자 하는 개별 알고리즘, Search Method에는 Ranker를 적용하는 순서로 연구를 진행한다(Fig. 2).

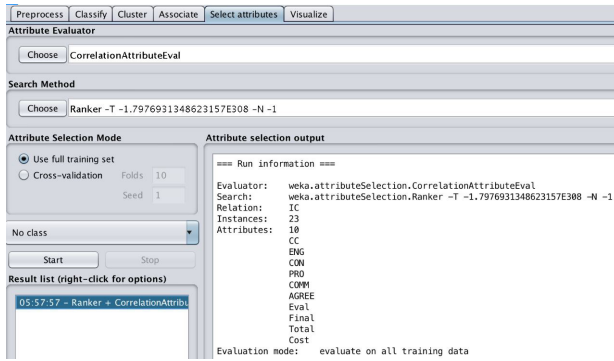


Fig. 2. Application of Feature Selection in WEKA Program

이 연구에는 다음의 2단계로 나누어 공사변경 관련 요인 도출 및 분석을 진행하였다. 첫째, 선행연구에서 검토된 공사변경 원인을 바탕으로 중동지역에서 공통적으로 발생하는 원인을 검토하여 해외 플랜트 건설에서의 공사변경 원인을 도출하였다. 둘째, Feature Selection 기법을 통해 도출된 절대적인 수치들을 Ranker기법을 활용하여 중요도 순위를 비교하여 해외 플랜트 건설의 공사변경 원인과 개별 영향 요인 사이의 상관관계가 있는지 분석한다.

## 4. 분석 및 결과

### 4.1 해외 플랜트 건설의 주요 공사변경 원인

선행연구에서 제시한 공사변경 원인을 분류 기준으로 하여 연구대상이 위치한 인근 중동지역의 건설 프로젝트를 검토한 결과, 현장 조건(Field Condition)의 변경, 설계 사항 개정·수정 및 개선을 포함하는 설계 개선(Design Improvement)에 따른 변경, 설계 단계에서 설계 오류(Design Error)로 인한 변경, 단순한 발주자의 요청사항(Owner's Requirement), 행정절차, 민원 및 지역 주민과의 소통과 같은 외부 요건(External Factor) 등을 주요 공사변경 원인으로 제시하였다. 이 외에도 안전 관련 사항, 현장의 기상 조건, 업무 절차나 규정 변경, 의사 결정권 변경 등이 원인으로 조사되었으나, 공통적으로는 설계 개선, 발주자의 요청사항, 외부 요건 등을 공사변경의 원인으로 제시하였다. 하지만 선행연구들은 일반적인 건설 분야를 연구 대상으로 공사변경의 원인을 도출하였기 때문에 이를 모두 플랜트 건설 프로젝트 적용하기에는 한계가 있다. <Table 3>에서는

중동지역의 주요 공사변경 원인을 비교 및 정리하여 본 연구에 적용 가능한 항목을 선정하였다.

Table 3. Comparison on causes of change orders in the Middle East

Cause of Change Order	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Site Condition	●	-	●	-	●	●
Design Improvement	●	●	●	●	●	-
Design Error	●	-	-	●	●	-
Owner's Requirement	●	●	●	●	-	●
External Factor	●	●	●	●	●	-

[1]: Abdulghafoor H.A.(2000) [2]: Alnuaimi et al. (2010)  
 [3]: Jamal & Ghaleb (2015) [4]: Hashim et al. (2016)  
 [5]: Khanzadi et al. (2018) [6]: This research (2020)

플랜트 건설에서는 설계 개선과 오류는 프로젝트 관리 매뉴얼에 따라 불일치시정보고서 또는 설계변경 통지를 통해 변경할 수 있다. 또한, 중동지역에서 플랜트 건설 현장은 상주인구가 거의 없는 외곽에 위치하여 외부 요청에 의한 공사변경의 발생은 어렵기 때문에 이 연구의 공사변경 원인 유형에는 현장 조건과 발주자 요청만 포함하고자 한다.

해외 건설 프로젝트는 그 특성상 발주자와 계약자가 경험한 프로젝트의 기준이 다르기 때문에 업무 범위에 대한 해석상의 차이도 상당하다. 추가 업무 요청이나 업무 범위 확대 적용이 이에 해당하며 본 연구에서는 '업무 범위 변경(Scope Change)'으로 분류하고자 한다.

대부분의 플랜트는 ISO (International Organization for Standardization), ASME (American Society of Mechanical Engineers), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)와 같은 국제 표준 기술에 준하여 설계·시공 및 구매 규격서(Specification)가 작성된다. 그러나 플랜트 건설 특성상 장기간의 공사기간 동안 기술 기준이 수정되기도 하며, 계약 당시에 존재하지 않았던 신규 기술이나 개념을 적용하거나, 사이버 공격을 막기 위한 보안기술 추가 등 계약 공사기간 내 발전된 신규 기술의 적용을 발주자가 요청하기도 한다. 이러한 공사변경 원인은 '국제 표준 기술 및 코드 변경(International Code & Standard Change)'으로 구분한다.

플랜트 건설 기술은 그 자체는 국제 표준 기준을 따르지만, 프로젝트를 수행하는 지역의 국가법과 인허가 요건에 따라 변경이 발생하기도 한다. 예를 들어, 화재 발생에 대비한 피난 동선 거리와 출구 설치 개수 요건 등 같은 소방 인허가 기준은 나라별로 설계 기준이 다르고, 현장 근로자의 근로 시간 및 휴게시간 등을 규정하는 노동법 또한 국가별로 상이하다. 각 국가의 상황에 따라 시시각각 변화하는 법적 요건은 반드시 준수해야만 최종 건설 허가를 받을 수 있으므로, 이러한 공사변경의 유형은 '현지 법령 또는 인허가 요건

변경(Local Legislation or Regulation Change)’으로 구분하고자 한다.

이외에도 프로젝트 일정 변경 요청(Reschedule), 계약서에 포함되어 있으나 발주자가 프로젝트 착수 이후 업무 범위에서 제외 요청 등의 사례도 있었으나 앞서 정의한 공사 변경의 범위에 해당하지 않으므로, 이 연구에서 도출한 해외 플랜트 건설에서의 공사변경 원인을 정리하면 <Table 4>와 같다.

Table 4. Type of Change Order in Overseas Plant Construction

Type of Change Order	Code	Description
Scope Change	SC	Additional scope of work that are not stated in the contract, extension of works, and others
Owner's Requirement	OR	Change in design or structural system according to Owner's preference
Site Specific	SS	Unforeseen site condition or natural phenomenon
Feasibility Study	FS	Review various alternatives when the Owner plans to perform works out of the contract.
International Code & Standard Change	IC	Changes according to the revision of international standard standards after the code cut-off date agreed to in the contract
Local Legislation or Regulation or Change	LR	Revision or suspension of laws or license agencies by the government

### 4.2 공사변경이 영향을 미치는 주요 요인 구분

본 연구에서 도출한 공사변경 원인이 영향을 미치는 요인은 다음 기준에 따라 세분화할 수 있다.

(1) 영향을 받는 업무 분야는 해외 플랜트 건설 계약구조(Engineering·Procurement·Construction·Commissioning)에 따라 설계, 구매, 시공, 시운전의 4가지 분야로 구분한다.

(2) 변경 업무 협상 기간은 공사변경 업무 프로세스에 따라 4단계로 구분할 수 있다. 첫째, 발주자가 요청한 변경 사항의 내용과 명확한 업무 범위를 계약자가 동의하고 확정하는 업무 범위 동의 기간. 둘째, 발주자와 계약자가 동의한 변경사항에 대해 계약자가 변경 업무 수행계획서(Implementation Plan)를 제출하면, 발주자가 이를 평가하

Table 5. Affecting factors by change order

Category	Factor	Code	Detailed Classification
Affecting Field of Work	Engineering	ENG	(1) Yes (2) No
	Procurement	PRO	
	Construction	CON	
	Commissioning	COMM	
Duration per Change Order Process	Agreement of work scope	AGREE	(1) Low : Under 6 months (2) Med : Over 6 months, Under 1 year (3) High : Over 1 year
	Evaluation of implementation plan	EVAL	
	Final price agreement	FINAL	
	Entire process duration	TOTAL	

고 승인하는 변경 업무 평가 기간. 셋째, 공사변경에 따라 발생하는 추가 비용과 지급 조건을 발주자와 계약자가 협상하는 합의 기간. 넷째, 최초로 공사변경이 시작에서부터 계약자가 최종 변경사항의 합의에 이르는 최종 협상 완료 기간이다. <Table 5>는 분석 프로그램에 데이터 투입을 위한 세분화 된 공사변경이 영향을 미치는 요인 분류 기준이다.

### 4.3 Feature Selection을 활용한 공사변경 원인과 영향요인의 관계 분석

#### 4.3.1 전체 공사변경과 영향 요인 중요도 분석

Feature Selection을 활용하여 도출한 전체적인 공사변경과 영향 요인 사이들의 중요도 순위를 비교한 결과, 세 가지 알고리즘에서 공통적으로 설계 분야가 가장 큰 기여도를 보였고 다음으로는 변경 업무 평가의 중요도가 높게 나타났다 <Table 6>.

Table 6. Ranking of importance between change orders and affecting factors

Change Order Type	Rank	OneR Attribute Evaluator		Correlation Attribute Evaluator		ReliefF Attribute Evaluator	
		Importance	Factors	Importance	Factors	Importance	Factors
All	1	51.02	ENG	0.29	ENG	0.15	ENG
	2	46.94	EVAL	0.19	EVAL	0.10	EVAL
	3	42.86	FINAL	0.17	FINAL	0.10	CON
	4	41.84	TOTAL	0.17	TOTAL	0.07	TOTAL
	5	40.82	COMM	0.11	COMM	0.03	PRO
	6	37.76	CON	0.11	PRO	0.02	COMM
	7	36.74	AGREE	0.09	AGREE	0.012	AGREE
	8	33.67	PRO	0.07	CON	0.01	FINAL
SC	1	59.46	TOTAL	0.34	PRO	0.04	TOTAL
	2	51.35	AGREE	0.19	ENG	0.03	PRO
	3	51.35	COMM	0.18	TOTAL	0	FINAL
	4	48.65	EVAL	0.12	CON	-0.01	ENG
	5	45.95	ENG	0.11	EVAL	-0.01	CON
	6	45.95	PRO	0.04	COMM	-0.03	AGREE
	7	45.95	FINAL	0.03	AGREE	-0.04	EVAL
	8	40.54	CON	0	FINAL	-0.04	COMM
IC	1	56.52	COMM	0.58	PRO	0.1874	EVAL
	2	47.83	AGREE	0.43	EVAL	0.13	PRO
	3	47.83	PRO	0.21	COMM	0.07	TOTAL
	4	43.48	TOTAL	0.20	AGREE	0.03	ENG
	5	39.13	FINAL	0.16	TOTAL	0	AGREE
	6	30.43	EVAL	0.10	FINAL	-0.02	CON
	7	21.74	ENG	0.09	CON	-0.04	FINAL
	8	17.39	CON	0.04	ENG	-0.08	COMM
LR	1	47.06	ENG	0.37	CON	0.14	TOTAL
	2	35.29	CON	0.35	FINAL	0.12	EVAL
	3	29.41	PRO	0.34	TOTAL	0.08	ENG
	4	23.53	TOTAL	0.25	PRO	0	AGREE
	5	23.53	COMM	0.22	EVAL	-0.05	PRO
	6	23.53	FINAL	0.12	ENG	-0.06	FINAL
	7	23.53	EVAL	0.06	COMM	-0.08	CON
	8	5.88	AGREE	0	AGREE	-0.12	COMM



이는 공사변경이 발생하는 경우 설계 분야에 가장 높은 영향을 미치는 것으로 해석되므로 이에 수반하는 변경사항을 수행하기 위하기 위해서 설계 분야의 기술사항 및 관련 협력 계약의 검토가 최우선적으로 이루어져야 한다고 할 수 있다. 다음으로 중요도가 높게 산출된 변경 업무 평가기간의 경우는 계약자가 제출한 변경 수행계획에 대한 발주자의 검토 또는 승인기간이 장기화 될수록 공사 기간이 지연 가능성이 높다는 의미로 해석 할 수 있다. 따라서 공사변경 프로세스 관리에 있어 프로젝트 관리 조직은 업무 평가서 제출 이후 발주자의 회신 기간을 중점적으로 관리하고, 회신기간이 장기화 될 경우 발주자에 공식 문서 발송 등을 통해 공기 지연을 사전예방 하여야 한다. 중요도 하위 요인으로는 변경 업무 동의기간이 공통적으로 나타난 것으로 보아, 이는 공사변경 관리 중요도가 상대적으로 낮다고 할 수 있다.

#### 4.3.2 공사변경 원인별 영향 요인 중요도 분석

공사변경이 가장 빈번하게 발생하는 업무 범위 변경에서는 구매 분야와 최종 협상 완료까지 기간의 중요도가 상대적으로 높게 나타났다(Table 6). 이는 기존 계약에는 없었던 추가적인 기기 또는 부품의 조달 요청이 많이 발생하는 것이라고 이해할 수 있다. 따라서 프로젝트 관리 조직에서는 업무 범위 변경에 대한 요청을 받는 경우 구매 분야에 있어 발주자와의 주계약과 협력계약의 기술사항과 계약사항의 불일치가 발생하지 않도록 관련 계약 및 기술을 담당하는 부서들의 유기적인 협력을 통해 공사변경을 관리할 해야 한다. 또한, 최종 협상 완료 기간의 중요도가 높은 것으로 보아 전체적인 일정이 지연되지 않도록 공사변경 프로세스별 진행 현황을 지속적으로 모니터링 해야 할 필요가 있다. 반면 변경 금액 합의기간, 변경 업무 동의기간, 시운전 분야 등은 중요도 하위 요인으로 도출된 것으로 보아 변경 처리 기간이 상대적으로 길지 않거나 업무 영향이 비교적 크지 않다고 설명 할 수 있다.

국제 표준 코드 및 기준에 따른 변경에서는 8가지의 영향 요인 중 시운전 분야, 구매 분야, 변경 업무 평가기간의 중요도 순위가 비교적 높게 나타났다. 이는 프로젝트 수행기간 동안 계약자가 플랜트에 설치되는 기기 및 시운전과 관련된 국제 표준의 개정 및 개선 사항에 지속적으로 관심을 갖고, 향후 발주자의 변경 요청 가능성을 높게 보아 이에 대비를 해야 한다. 또한, 해당 변경과 관련하여 계약자의 변경 업무 수행계획서의 작성기간이 지체 된다거나 또는 계약자 제출한 수행계획서에 대한 발주자의 평가기간이 장기화 될 경우, 후속 업무 프로세스 및 전체적인 공정지연에 영향을 미칠 수 있다는 것을 변경 관리의 중점사항으로 두어야 할 것으로 보인다. 이와 대조적으로 설계 분야, 시공 분야, 변경 금액 합의의 중요도는 전반적으로 낮다고 평가되었다. 이와 같

은 분석 결과로 보았을 때, 국제 표준 코드 및 기준 변경에 따라 발생하는 공사변경의 수행에 있어서는 변경 프로세스의 일정 관리보다는, 공사변경과 관련된 국제 코드 및 기준의 변경사항과 이에 따라 영향을 받는 업무 분야에 초점으로 두고 변경 수행 및 관리를 해야 한다고 할 수 있다.

현지 법령 또는 인허가 요건 변경에서는 설계 분야, 시공 분야, 최종 협상 완료 기간의 중요도 순위가 높은 것으로 나타났다. 이는 설계와 시공 분야가 현지 법령과 인허가 요건에 민감하게 반응을 하는 업무 분야라고 볼 수 있고, 또한 다른 공사변경 원인과 비교했을 때 공사변경이 장기화 될 가능성이 높다고 볼 수 있다. 따라서, 건설하는 국가 및 지역의 건설 인허가 요건과 관련한 변경 발생하는 경우 중요도 상 위권에 분포한 영향요인들을 관리 중점에 둘 필요가 있다. 반대로 시운전 분야, 업무 범위 동의기간의 중요도는 대체적으로 낮은 것으로 나타났기 때문에, 해당 유형의 변경에 있어서는 시운전 분야의 공사변경 가능성이 낮고, 업무 범위 동의기간이 상대적으로 단기간 소요되는 것으로 볼 수 있다.

한편 발주자 요청 사항, 현장 조건, 대안 검토에 의한 공사변경 요청에 따라 영향을 받는 요인들에 대한 분석결과는 도출이 어려웠다. 이는 WEKA 프로그램이 기본적으로 10개의 데이터 단위로 학습하는데 반하여 해당 공사변경 사례들은 입력 데이터가 10개 수준이거나 또는 그 이하로 투입되었기 때문에, Machine Learning의 학습 진행이 어려웠던 것으로 보인다.

## 5. 결론 및 향후과제

공사변경은 중동지역 건설 프로젝트에서 주요 분쟁의 원인으로 대두되고 있으며, 특히 플랜트 건설에서 발생하는 공사변경은 상호 연계된 분야들의 복합적인 변경이 동시 다발적인 수행과 계약 변경을 진행해야 하기에 프로젝트의 핵심 관리 대상으로 인식되어야 한다. 이에 본 연구에서는 해외 플랜트 건설의 주요 공사변경 원인 및 영향요인을 유형화하고, 머신러닝을 활용하여 도출된 요인들의 상관관계 분석을 통해 상향된 공사변경 관리와 프로세스 수립에 기여하고자 하였다. 이 연구의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기존 건설 프로젝트의 사례를 고찰하여 해외 플랜트 건설에 적용 가능한 공사변경의 원인을 업무 범위 변경, 국제 표준 코드 및 기준 변경, 현지 법령 또는 인허가 요건 변경, 발주자 요청사항, 현장 조건 변경, 대안 검토의 6가지로 유형화할 수 있다.

둘째, 공사변경에 따라 영향을 받는 요인들은 건설 계약 구조에 따라 설계, 시공, 구매, 시운전의 4개 업무 분야, 변경 관리 프로세스에 따라 업무 범위 동의, 변경 업무 평가, 추가

비용 합의, 최종 협상 완료의 4개 수행 기간의 총 8개로 구분할 수 있다.

셋째, Feature Selection 기법을 활용하여 공사변경과 주요 영향요인들의 중요도 순위를 비교한 결과, 전체적인 공사 변경에서는 설계 분야에 가장 많은 영향이 있었고, 다음으로 변경 업무 평가 기간으로 나타났으며, 중요도 최하위 요인으로는 변경 업무 동의기간이 도출되었다. 공사변경 원인 별로 보면, 업무 범위 변경에서는 구매 분야와 최종 협상 완료기간의 중요도가 높았고, 변경 금액 합의 및 변경 업무 동의기간의 중요도는 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 국제 표준 코드 및 기준 변경에서는 시운전 분야, 구매 분야, 변경 업무 평가기간의 중요도가 전반적으로 높았고, 설계 분야, 시공 분야, 변경 금액 합의기간의 순위가 낮았다. 현지 법령 또는 인허가 요건 변경에서는 설계 분야, 시공 분야, 최종 협상 완료기간의 중요도가 높고, 시운전 분야, 업무 범위 동의기간의 중요도가 낮게 나타났다.

이와 같은 분석 결과를 통해 해외 플랜트 건설 프로젝트를 수행 하는데 있어 내부적으로는 명확한 공사변경 관리 방향을 수립하고, 외부적으로는 발주자-계약자간 협상 시간을 줄여 공사 지연 및 추가적인 비용 발생을 방지하는 역할이 가능할 것이라고 판단된다.

한편, 이 연구는 중동지역의 단일 건설 공사를 대상으로 연구하여 전체적인 해외 건설 공사변경의 대표성을 갖기는 어렵다. 또한, 일부 공사변경 사례의 경우는 분석 데이터가 부족하여 머신러닝의 학습이 불가능하여 결과를 도출하지 못하는데 한계가 있다. 향후 추가적인 공사변경 사례와 머신러닝을 활용한 데이터 분석을 통하여 해외 건설 프로젝트의 공사변경에 대한 활발한 연구 및 관리 방안에 대한 논의가 이루어질 수 있기를 기대한다.

## References

- Abdulghafoor H.A. (2000). "Change Orders in Construction Projects In Saudi Arabia." MS thesis, King Fahd University of Petroleum & Minerals.
- ARCADIS (2019). *Global Construction Disputes Report - Laying the Foundation for Success*, pp. 12-26.
- Alnuaimi, A., Taha, R.A., Mohammed A.M., and Al-Harhi, A.S. (2010). "Causes, Effects, Benefits, and Remedies of Change Orders on Public Construction Projects in Oman." *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(5), pp. 615-622.
- Aurélien, Géron (2019). *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and Tensorflow*, 2nd Ed., O'Reilly Media.
- Bae, Y.H. (2020). "Analysis of Low Oil Price due to COVID-19 and Major Oil Refineries in the Middle East." *Journal of CEO and Management Studies*, 23(1), pp. 167-187.
- Chung, H.S. (2016). "Contract Interpretation of Scope of Works in Case of Employer's Exercise of its Right to Variations in International Construction Contract focusing on England Cases." *Korea Lawyers Association*, 65(2), pp. 66-110.
- Cho, S.J., and Kang, S.H.(2016). "Industrial Application of Machine Learning(Artificial Intelligence)." *Industrial Engineering Magazine*, Korea Institute of Industrial Engineers, 23(2), pp. 34-38.
- Choi, S.W. (2019). "Forecasting Construction Management Staffing Requirements for Petrochemical Plants with Data Mining Models." MS thesis, University of Seoul.
- FIDIC (2017). *Conditions of Contract for Construction, Conditions of Contract for Plant & Design Build, Conditions of Contract for EPC/Turnkey Projects*.
- Hanna, A.S., Camlic, R., Peterson, P.A., and Nordheim, E.V. (2002). "Quantitative Definition of projects Impacted by Change Orders." *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(1), pp. 57-64.
- Hashim H., Muhammad B.K., Soren M.L., and Zuhaib A. (2016). "Impact of Variation Orders on Time and Cost in Mega Hydropower Projects of Pakistan." *Journal of Construction in Developing Countries*, 21(2), pp. 37-53.
- Heish, T., Lu, S., and Wu, C. (2004). "Statistical analysis of causes for change orders in metropolitan public works." *International Journal of Project Management*, 22(8), pp. 679-686.
- Hinze, J. (2001). *Construction Contracts*, 3rd Ed., Mc Graw-Hill, New York, USA.
- Ijaola, I.A., and Iyagba, R.O. (2012). "A comparative Study of Causes of Change Orders in Public Construction Project in Nigeria and Oman." *Journal of Emerging Trends in Economics and Manage. Sciences*, 3(5), pp. 495-501.
- Jain, A., and Zongker, D. (1997). "Feature Selection : Evaluation, Application, and Small Sample Performance." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19(2), pp. 153-158.
- Jamal, M.A., and Ghaleb, J.S. (2015). "Factors Affecting Change Orders In Public Construction Projects." *International Journal of Applied Science and Technology*, 5(6), pp. 56-63.
- Jeong, D.G. (2017). "Trend on Artificial Intelligence Technology and Its Related Industry." *Korea Institute of Information Technology Magazine*, 15(2), pp. 21-28.
- Kang, S.B. (2016). "A Study of the Effects of Integrated Project Management Maturity on the Project Performance : Focus on Overseas Plant Construction Project." Doctoral dissertation, Hanyang University.



- Khanzadi, M., Nasirzadeh, F., and Dashti, M.S. (2018). "Fuzzy Cognitive Map Approach to Analyze Causes of Change Orders in Construction Projects." *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(2), 01017111.
- Kim, G.Y. (2016). "The Legal Study on the Resolution of Dispute Aries due to Buyer's Unilateral Variation in the Plant Contract." MS thesis, Korea University.
- Kim, K.A. (2018). "An Estimation Model for the Additional Overhead Cost of Extended Duration of Construction by using the Case Based Reasoning (CBR) method." MS thesis, University of Seoul.
- Korea Eximbank (KEXIM Bank) (2020). *2020 Semiannual Report for Trend in Overseas Construction Industry*.
- Lee, D.H., Yoon, G.H., and Kim, J.J. (2019). "Development of ITB Risk Mgt. Model Based on AI in Bidding Phase for Oversea EPC Projects." *The Journal of Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, 19(4), pp. 151-160.
- Lee, J.S. (2014). "A Study on the Data Mining Preprocessing Tool for Efficient Database Marketing." *Journal of Digital Convergence*, 12(11), pp. 257-269.
- Loch, C.H., and Terwiesch, C. (1999). "Accelerating the process engineering change orders: Capacity and congestion effects." *Journal of Product Innovation Management*, 16(2), pp. 145-159.
- Moselhi, O., Assem, I., and El-Rayes, K. (2005). "Change orders impact on labor productivity." *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(3), pp. 354-359.
- Park, H., and Han, J. (2018). "Development of Overseas Construction Big Issues based on Analysis of Big Data." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 19(3), pp. 89-96.
- Park, M., and Pëna-Mora, F. (2003). "Dynamic change management for construction : Introducing the change cycle into model - based project management." *System Dynamics Review*, 19(3), pp. 213-242.
- Saurav Kaushik (2016). Introduction to Feature Selection methods with an example (or how to select the right variables?), <<http://www.Analytics Vidhya.com>> (Dec. 1, 2016).
- Serag, E., Oloufa, A., Malone, L., and Radwan, E. (2010). "Model for quantifying the impact of change orders on project cost for U.S. roadwork construction." *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), pp. 1015-1027.
- Witten, Ian H., Frank, Eibe, Hall Mark A., and Lee, S.H. (2013). *Data mining : practical machine learning tools and techniques with Java implementations*, 3rd Edition, Acorn Publishing Co.
- Yeom, C.H., Shim, B.J., and Lee, S. (2018). "A Study on the Overseas New Town Project Development Strategy for Korean Urban Engineering Firms Using AHP Analysis." *Journal of CEO and Management Studies*, 21(3), pp. 19-37.
- Yoon, J. (2017). "A Study on Derive Delay Factors based on International Standard Contract at Building Construction in the South-East Asia." MS thesis, University of Seoul.

---

**요약** : 국내 기업의 해외 건설 수주는 지속적으로 성장하고 양적성장을 이루어왔지만, 2011년 유가하락에 이어 최근 COVID-19의 장기화 등 대외환경의 불확실성이 커지며 해외 건설 시장의 침체가 전망된다. 이에 4차 산업혁명의 발전된 기술을 활용해 그간 축적된 데이터를 연구한다면, 향후 해외 건설사업 관리의 역량 및 경쟁력을 키울 수 있을 것이다. 따라서 이 연구에서는 중동 건설시장에서 공정지연과 주요 분쟁의 원인으로 대두되고 있는 공사변경의 상향된 프로젝트 관리 방안을 제시하고자 하였다. 우선 실제 해외 플랜트 건설사례를 분석하여 6가지 주요 공사변경 원인을 도출하였고, 이에 따라 영향을 받는 요인을 8가지로 분류하였다. 특히 머신러닝 기반의 다양한 Feature Selection 기법을 활용해 중요도를 계량화된 수치를 평가함으로써 공사변경과 영향 요인 사이의 유의미한 관계를 파악 하였다. 이를 통해 프로젝트 관리 측면에서 내부적으로는 공사변경의 명확한 관리 방향 수립이 가능하고, 대외적으로는 협상 기간 단축으로 추가적인 공기 지연을 방지하고 비용지출 관리가 가능할 것이라고 판단된다.

**키워드** : 공사변경, 머신러닝, Feature Selection, 해외 건설, 프로젝트 관리

---