

Research Paper

비정형데이터를 활용한 건축현장 품질성과 평가 모델 개발

Crafting a Quality Performance Evaluation Model Leveraging Unstructured Data

이기석¹ · 송태근¹ · 유위성^{2*}

Lee, Kiseok¹ · Song, Taegeun¹ · Yoo, Wi Sung^{2*}

¹Researcher, Department of Construction Economic & Finance Research, Construction & Economy Research Institute of Korea, Eonju-ro Gangnam-gu, Seoul, 06050, Korea

²Research Fellow, Department of Construction Economic & Finance Research, Construction & Economy Research Institute of Korea, Eonju-ro Gangnam-gu, Seoul, 06050, Korea

*Corresponding author

Yoo, Wi Sung

Tel : 82-2-3441-0860

E-mail : wsyoo@cerik.re.kr

Received : December 28, 2023

Revised : January 31, 2024

Accepted : February 5, 2024

ABSTRACT

The frequent occurrence of structural failures at building construction sites in Korea has underscored the critical role of rigorous oversight in the inspection and management of construction projects. As mandated by prevailing regulations and standards, onsite supervision by designated supervisors encompasses thorough documentation of construction quality, material standards, and the history of any reconstructions, among other factors. These reports, predominantly consisting of unstructured data, constitute approximately 80% of the data amassed at construction sites and serve as a comprehensive repository of quality-related information. This research introduces the SL-QPA model, which employs text mining techniques to preprocess supervision reports and establish a sentiment dictionary, thereby enabling the quantification of quality performance. The study's findings, demonstrating a statistically significant Pearson correlation between the quality performance scores derived from the SL-QPA model and various legally defined indicators, were substantiated through a one-way analysis of variance of the correlation coefficients. The SL-QPA model, as developed in this study, offers a supplementary approach to evaluating the quality performance of building construction projects. It holds the promise of enhancing quality inspection and management practices by harnessing the wealth of unstructured data generated throughout the lifecycle of construction projects.

Keywords : building construction site, supervision documents, unstructured data, text-mining technique, sentiment-lexicon-based quality performance assessment

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

국내 건축현장에 지속적인 사고가 발생함에 따라 정부는 사고 예방을 위해 심의 절차 강화, 전문가 참여 확대, 품질관리를 위한 검측 절차 강화를 제안하였다. 정부가 발표한 건축현장 사고 조사 결과 발표를 살펴보면, 콘크리트 품질, 철근 누락 등의 주요 원인이 있었으며 구체적인 재발 방지대책은 구조적 안전, 자재 품질, 시공 품질 등 포괄적인 검측 업무를 수행하는 감리자의 역할 강화를 요구하고 있다[1]. 감리자는 건축현장의 구조적 안전, 시공 시행 여부, 품질계획 수립 및 검토, 품질관리 적절성 확인 및 검토 등 건축현장을 관리해야 한다. 2022년에 일부 공공기관에서 발주하는 공사는 민간업체의 책임감리



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에서 직접감리로 변경하였으며, 100억 이상의 건축현장에 주요 공정은 동영상 기록을 의무화하였다[2,3]. 건축현장 품질성과의 중요성을 인식하고 성과 진단을 위한 노력은 이어지고 있으나, 품질성과 수준을 측정할 수 있는 지표와 방안은 다소 부족한 실정이다[4]. 건축현장의 품질성과는 자재 등급과 규격을 검수한 내역, 설계 도면과의 시공 검측 실적 등 다양한 요인에 영향을 받으면서 착공부터 준공까지 중요성은 커지고 있다[5].

건축현장의 품질성과를 측정하기 위한 법은 주택법, 건축법, 건설기술진흥법 등 각각 세부적으로 제시되어 있으며, 주택법 제24조, 건축법 제25조를 살펴보면, 감리업무를 수행하는 공사감독자는 품질과 관련된 법령, 설계도서의 요구사항을 충족시키기 위한 업무에 관련된 세부 사항이 정의되어 있다[6]. 품질성과를 개선하기 위한 연구는 활발히 진행되고 있지만, 단순히 적합, 부적합 등으로 성과 수준을 연속적인 값으로 계량화하는 연구는 부족한 실정이다[7,8].

건축현장 감리업무로 생성되는 감리보고서는 건축현장 내의 자재반입 내역, 시공 기록, 재시공 이력, 설계변경 사유 등의 상세한 정보가 기록된 텍스트 기반의 비정형데이터이다. 이러한 비정형데이터를 활용하여 건축현장의 품질성과를 진단할 수 있다면, 품질성과의 수준 계량화와 등급화가 가능하여 공사 중 선제적이고 연속적인 관리 활동과 모니터링에 효율적이다[9]. 텍스트 기반의 비정형데이터는 실무자 및 전문가들이 제시하는 평가와 의견에 대한 긍정, 중립, 부정 등을 판별하는 감성 분석(Sentiment Analysis) 기법으로 효율성이 향상되고 있다. 감성사전(Sentiment Lexicon) 구축은 감성분석의 선행 과정으로, 집단지성을 활용하여 다양한 전문가 그룹을 통해 텍스트(단어)에 점수를 부여하는 특징이 있다. 감성사전 구축에 많은 시간이 요구되는 특징이 있지만, 구축 후 유사 환경에서 활용 시 신속하고 신뢰도가 높은 분석이 가능한 장점이 있다[10].

본 연구에서는 감성분석 기법 기반 건축현장의 품질성과 수준을 평가하여 계량화할 수 있는 모델을 제안한다. 텍스트마이닝 및 감성분석 기법을 활용하여 품질성과와 관련된 키워드별 단어의 라벨링으로 성과 수준을 평가하는 기능을 포함하고 있다. 비정형데이터의 활용성이 증가하면서, 기존의 이분법적(적합, 부적합 또는 미흡, 양호) 평가에서 감성사전 기반 품질성과를 점수로 측정하는 모델을 구축하여 제도 및 기준에 의해 의무적으로 생성되는 정형데이터와 함께 선제적 대응과 관리를 지원할 것으로 기대된다.

1.2 연구 범위 및 방법

최근 공공기관에서 발주하는 200억 이상의 건축현장은 시범적으로 직접감리를 시행하고, 100억원 이상의 모든 현장은 시공과정에 관련된 기록을 영상으로 축적하는 것을 의무화하여 품질 강화를 위한 제도가 시행되었다[11]. 이는 공사 중 감리역할의 강화로 건축현장의 품질성과를 향상시키기 위해 기준이 강화될 것으로 예상된다. 건축현장의 감리보고서를 대상으로 텍스트마이닝 기법을 통한 텍스트 추출, 빈도 분석 등 감성사전 구축을 위한 데이터 전처리를 진행한다. 품질성과 평가에 직간접적으로 관련된 긍정, 부정 단어를 추출하고, 수동 접근법 기반 감성사전을 구축하기 위해 전처리된 키워드에 명사, 형용사 단어의 라벨링을 진행한다. 공사감리 대상 건축현장에서 감리업무를 수행하면서 생산하는 보고서 중 현장의 품질성과와 관련된 비정형데이터를 활용하여 성과 수준을 측정하고 평가하는 모델 구축을 연구 범위로 설정한다. 수집된 건축현장의 감리보고서에서 제도적 기준에 의해 제시되는 품질성과(품질시험 불합격률, 검수자재 불합격률, 검측관리실적)와 감성분석 기반 품질성과 수준과의 상관관계를 일원분산분석으로 검증한다.

연구 수행 절차는 Figure 1과 같다. 먼저, 국내외 건축현장의 성과 진단 관련 연구와 비정형데이터 활용에 관한 선행 연구를 조사하였다. 텍스트 기반 비정형데이터 정제는 텍스트마이닝 기법을 적용하고, 주요 텍스트 추출 후 빈도 분석을 통해 핵심 키워드를 선정한다. 선정된 키워드의 토큰화(Tokenization) 후 수동 접근법으로 감성사전을 구축한다. Python 3.9로 데이터를 전처리하고, 불용어를 선정 후 수집된 감리보고서에 적용한다. 품질성과에 관련된 핵심 키워드를 추출 후 라벨링은 감리업무의 경험이 풍부한 실무자와 전문가 그룹을 구성하여 델파이 기법으로 진행하였다. 구축된 감성사전을 추출된 문장 단위에 적용하여 건축현장의 품질성과 수준을 평가한다.

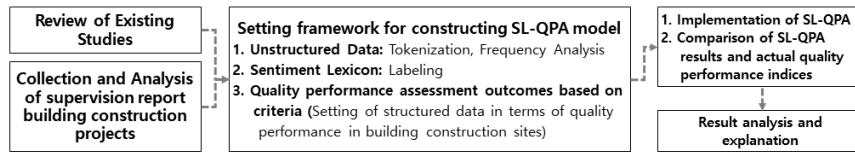


Figure 1. Illustration of research process

2. 선행연구 조사 및 분석

2.1 건축현장 품질성과 관련 국내외 연구사례

국내외 관련 연구를 살펴보면, 건축현장 품질성과를 진단하기 위해 성과지표 및 기준과 관련된 건축현장 품질관리, 품질경영, 품질관리 직무, 품질인증시스템 등의 연구가 진행되고 있다. Lee and Kim[12]은 건축현장의 품질확보를 위한 품질관리자의 인건비 및 배치 규모를 산정하기 위해 관련 법과 규정, 실무자 인터뷰를 통해 모호한 역할과 책임 범위를 구분하여 효율적인 관리 활동을 위한 기초자료를 제시하였다. Cho[13]는 품질관리 역량에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 상관분석, 일원분산분석 등으로 실무자 간의 역량 차이를 분석하였다. Lee and Kim[14]는 전문가 그룹의 인터뷰를 통해 건축현장의 품질확보를 위한 관리자 역할의 한계점을 도출하고, 무분별하게 이용되고 있는 관련 용어의 문제점을 확인하여 품질성과 향상을 위한 개선 방안을 제시하였다. Moradi et al.[15]은 2000년부터 2020년까지 공사현장의 목표 달성을 위한 성과지표의 세부 요인을 도출하여 요인 간 중요도를 제시하였다. Keenan and Rostami[16]는 건축현장에서 품질관리시스템 성과에 미치는 영향 요인을 조사하여 체계적인 품질관리는 효율성 제고에 효과가 있음을 시사하였다. Demirkesen and Ozorhon[17]은 건설현장의 성과측정지표 도출하고, 구조방정식 모델링으로 품질관리에 불필요한 비용을 제거하여 목표 달성을 성공적으로 수행하기 위한 전략의 방향을 제시하였다.

건축현장의 품질관리 실태, 품질관리지표, 품질관리자의 업무, 건축현장 품질성과 측정 및 지표에 관련된 기존 연구들은 전문가 인터뷰, 설문조사 등 정형데이터 중심으로 통계 분석이 활용되었지만, 보고서 및 관리자 평가 의견과 같은 비정형데이터의 활용도는 다소 부족하고, 데이터 결측치, 오류 등의 한계점이 존재하였다. 건축현장의 품질성과와 관련된 대표적인 정형데이터는 제도 및 기준에 의해 의무적으로 기록하는 품질시험불합격률, 검수자재불합격률, 검측관리실적 등이다. 공사감리 대상 건축현장에서 이들 데이터는 의무적으로 기록되어야 하지만, 품질 및 자재 검수의 불합격률이 ‘0’이거나 점검 후 보완된 경우라도 최종 점검 결과에는 누락되거나 불합격률이 ‘0’으로 표기되는 사례가 발생한다. 이는 현장마다 데이터의 표준화가 부족하고, 품질시험 및 자재검수에 대한 데이터의 연속적인 이력 관리에 어려움이 있기 때문이다. 이처럼, 정형데이터 중심의 건축현장 품질성과 수준 평가에 대한 신뢰도를 개선하고, 미흡 또는 양호 수준의 이분법적 결과의 활용도를 확대하기 위한 시도가 필요하다. 건축현장에 대한 전반적인 품질 점검 및 관리 활동에 따른 문서 중심의 비정형데이터를 품질성과 수준 평가에 반영할 경우, 공사 진행에 따른 현장의 품질성과를 정량적으로 모니터링하는데 효율적이다. 따라서 본 연구는 건축현장의 품질성과와 관련된 문서 중심의 비정형데이터를 활용하여 데이터의 범용성을 확장하고, 품질성과를 측정하는 데 미흡, 양호 등과 같은 기존의 이분법적 결과를 연속형 수치로 계량화가 가능한 평가 모델을 제시한다.

2.2 비정형데이터 활용 연구사례

건축현장 품질성과 관련 연구에는 정형데이터 중심의 활용, 결측치 보완 미흡, 오류값 교정 부족 등의 공통적인 한계점을 확인할 수 있다. 이러한 한계점을 보완하기 위해 비정형데이터 등의 빅데이터 활용 및 분석기법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. Kim et al.[18]은 딥러닝 기반의 분류 모델을 기반으로 건축현장에서 발생한 재해사례를 효율적으로 관리 방안을 제시하였

다. 하지만, 딥러닝 기반 분류 모델은 데이터의 양과 질에 따라 성능이 결정되는 특징이 있어 비정형데이터를 분석하기 어려운 한계가 존재하였다. Lee[19]는 건설산업 내 비정형데이터를 활용한 자연어 처리(Natural Language Processing, NLP)기반의 글로벌 연구 동향을 조사하였다. 기업에서 생성되고 있는 데이터의 80% 이상은 비정형데이터로 이루어져 있으며 텍스트 형식의 데이터가 차지하고 있는 비중은 높다고 조사되었다. 또한, 자연어 처리는 감성사전(Sentiment Lexicon), 온톨로지(Ontology), CBR(Case-Based Reasoning), 의미론적 쿼리 확장(Semantic Query Expansion) 등과 같은 기법으로 확장될 수 있음을 강조하였다. Youn[20]은 건축물 설계에서 건축가들의 어휘 사용 형태 및 기본어휘를 분석하기 위해 말뭉치(Corpus)를 구성하여 어휘 활용 형태를 분석하였다. 말뭉치는 자연어를 컴퓨터로 처리하여 분석하고 다양한 정보를 추출하는데 효율성은 향상되고 있다.

이처럼 문서, 이미지, 영상 등의 비정형데이터는 공사현장에서 방대하게 생성되지만, 활용도는 여전히 제한적인 수준이다. 비정형데이터를 규모를 정확하게 추정하는 데 한계가 있지만, 현장에서 생성되는 데이터의 약 70% 이상이 비정형데이터로 정보통신기술력이 급성장하면서 활용도가 증가하고 있다[19]. 데이터 수집 및 분석 속도가 향상되면서 정형데이터와 함께 비정형데이터의 통합과 구조화는 공사현장에서 생성되는 방대한 정보를 활용한 의사결정 기능을 강화하고 데이터 활용도를 보완할 것으로 예상된다.

3. 감성사전 기반 감성분석 기법

3.1 감성분석(Sentiment Analysis) 기법

감성분석(Sentiment Analysis) 기법은 텍스트에 반영된 작성자 의견, 감정, 태도 등을 파악하는 자연어를 논리적으로 처리하는 방법론으로, 의견 마이닝(Opinion Mining), 감정 평가(Emotional Evaluation)등으로 정의된다[21]. 감성분석은 경험 기반으로 작성되어 의견이 포함된 텍스트를 목적에 따라 수치화하는 과정으로 볼 수 있다. 이 분석은 대표적으로 새로운 수요, 경험 기반 문제점 파악 등으로 관련된 결과를 분석하기 위해 텍스트로 표현된 수요 및 결과 분석 또는 예측하는데 사용될 수 있다[22,23]. 이러한 감성분석은 텍스트에서 표출되는 감성 기반 의견이 긍정과 부정으로 확인되는 극성(Polarity)분석, 이를 세분화하여 텍스트에서 표현된 감정 상태(Emotional States)분석, 긍정과 부정 감성의 감도를 측정하는 감성 강도(Intensity) 분석 등을 포함한다. 또한, 감성분석은 기술적으로 사전 기반 감성분석(Lexicon-based sentiment analysis)과 지도학습 기반 감성분석(Supervised learning-based sentiment analysis)으로 분류될 수 있다[21]. 사전 기반 감성분석은 집단지성을 이용하여 감성사전을 구축하면 다수의 선호도를 통해 개별 단어의 감성을 부여하며 신뢰도가 높은 감성사전을 구축할 수 있다[24,25].

기존의 정형데이터 중심의 의사결정, 성과평가 등에 다수의 연구사례가 존재하지만, 건축현장에서 생성되는 방대한 문서 중심의 비정형데이터를 활용한 성과 수준 평가 및 계량화 방법론이 적용된 사례는 부족한 실정이다. 국내 건축현장에서 성과 측정에 활용될 수 있는 체계적인 데이터 수집에 어려움이 존재하고, 축적된 비정형데이터의 활용 방안에 어려움이 있는 상황에서 본 연구에서는 건축현장에서는 공사감리 업무에서 생성되는 문서에서 품질성과와 직·간접적으로 관련이 있는 텍스트를 추출하여 성과에 부정적 또는 긍정적 영향 수준을 계량화하는 데 감성분석 기법을 활용한다. 이러한 시도를 현재 건축현장 품질성과 평가에 이용될 수 있는 지표 도출의 다양성을 확보하고, 진행 중인 건축현장의 품질성과를 측정할 수 있는 기초자료로 활용될 수 있다.

3.2 감성사전(Sentiment Lexicon) 구축

감성사전(Sentiment Lexicon)은 단어의 긍정, 부정 등의 극성(Polarity)분류와 극성에 더해 강도(Intensity) 점수가 매핑(Mapping)된 단어와 점수가 기록된 사전이다. 따라서 감성사전 기반 감성분석은 사전에 정의된 단어의 점수를 활용하여 문서가 갖는 극성과 강도를 분석하는 데 활용된다. 본 연구에서 공사감리문서에 자재품질, 시공품질 등과 같은 품질성과와 관련된 키워드를 도출하고 성과에 영향을 미치는 수준을 감성점수로 나타낸다. 감성사전 구축은 주로 수동 기반(Manual approach),

사전 기반(Dictionary-based approach), 말뭉치 기반(Corpus-based approach) 등 세 가지 접근법이 있다. 수동 접근법은 일반적으로 문서와 문장으로 이루어진 텍스트에서 감성이 존재하는 단어를 추출하여 실무자 또는 전문가가 직접 사전을 구축하는 방법으로 특정한 도메인에 대한 지식을 활용하여 단어의 극성과 강도를 단어에 정의한다. 이는 감성사전을 구축하는 데 인력 투입 규모가 크다는 단점이 존재하지만, 정확도가 높고 극성과 강도를 각 단어에 상세히 정의할 수 있어 사전의 품질이 높은 특징이 있다. 사전 기반 접근법은 기존 감성사전을 활용하여 향상된 감성사전을 만드는 방법이다. 이는 기존 감성사전에서 극성과 강도를 파악하고, 이를 바탕으로 대상 문서에서 감성단어를 선별하는 과정에 새로운 단어가 추출되면 해당 단어의 번역어, 유의어 등이 기존 감성사전에 있는지 확인하면서 점수를 부여하는 방법이다. 사전 기반 접근법은 기존 감성사전의 품질 확보와 새로운 사전의 도메인 영역이 일치해야 하는 한계가 존재하지만, 다른 방법보다 간결하고 직관적인 장점이 있다. 말뭉치 기반 접근법은 기계학습과 통계적 방법을 활용하여 말뭉치 내 감성 단어와 극성과 강도를 자동으로 추출하는 방법이다.

건축현장의 품질성과를 평가하기 위해 공사감리문서에서 단어를 구축하는 수동 접근법을 활용한다. 시공 품질에 대한 이해도가 높고 시공 경험이 풍부한 실무자와 전문가의 경험과 지식을 활용하여 단어와 문장의 감성을 각각 부여하여 수동 접근법으로 감성사전을 구축한다.

4. 감성사전 기반 건축현장 품질성과 평가(SL-QPA) 모델 구축

4.1 텍스트 기반 비정형데이터의 토큰화 및 빈도 분석

공사감리문서에서 추출한 텍스트에 대한 토큰화는 Python KoNLPy 라이브러리의 Okt 모듈을 이용하여 수행하였다. Okt 모듈은 토큰화를 진행할 때 세부적인 품사 형태를 나누지 않는 직관적인 모델로 활용성이 높고 실행 속도가 다른 모듈에 비하여 빠른 특징이 있다. 토큰화를 진행하고 생성된 키워드의 빈도를 살펴본 후 공사감리 문서에서 등장하는 총 빈도 5 미만은 품질성과에 미치는 영향이 낮은 것으로 분석하고, 라벨링에서 제외한다. 또한, 명확하게 알 수 없는 키워드는 불용어로 간주하여 분석에서 제외하였다. 추출된 토큰화와 빈도 분석에 활용된 문서는 수집된 43개 중 현장에 관한 데이터 누락이 적은 30개 건축현장의 완공 시 생성되는 최종 공사감리보고서이다. 현장에 대한 책임감리자의 품질성과 점검 결과를 발췌하여 키워드의 토큰화를 진행하였다. Table 1은 특정 현장에서 생성된 품질성과 결과 중 하나의 문장과 토큰화한 예시를 나타낸 것이다.

Table 1. Examples of tokenized sentences

Sentence	Token
A schedule will be revised based on the overall schedule submitted at the start of construction, reflecting the implementation drawings, site conditions, etc. and applied to process control after approval by the supervisory team.	'start of construction', 'submitted', 'overall', 'schedule', 'milestone', 'implementation', 'drawings', 'site', 'condition', 'reflecting', 'revised', 'schedule', 'supervisory', 'applied', 'process', 'control', 'team'

4.2 수동 접근법 기반 감성사전 구축 결과

수동 접근법으로 감성사전 구축하기 위해 공사감리문서에서 텍스트를 추출하고 토큰화하였다. 토큰화된 키워드 중 2개 이상의 문장에 등장한 단어인 명사와 형용사에 대해 감성점수를 부여하며 라벨링을 진행하였다. 단어 각각에 대한 건축현장 품질성과에 긍정적인 것으로 판단되는 것은 2점(Positive), 모호하거나 영향이 낮은 것으로 판단되는 단어는 1점(Neutral), 부정적인 영향을 미칠 것으로 추정되는 것은 0점(Negative)을 부여하였다. 본 연구에서 토큰화된 총 296개의 단어에 대해 건축현장의 책임감리자 경력을 보유한 실무전문가들이 3차례의 델파이 라운드(Delphi Round)를 걸쳐 감성점수를 부여하였으며, 점수 구성은 Figure 2와 같다.

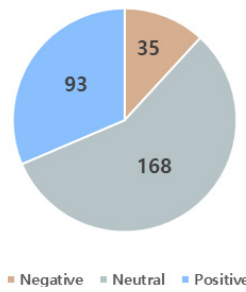


Figure 2. Distribution of sentiment scores among analyzed words

296개의 토큰화된 키워드에 대한 라벨링 후 Table 2는 빈도 기준으로 상위 40개 키워드에 대한 감성점수를 제시한 사례이다. ‘관리’ 단어가 가장 빈번하게 나타났고 이는 공사감리문서의 경우 건축현장을 관리 활동에 대한 내용이 가장 많이 수록된 것으로 해석된다. 다음으로 빈도가 높은 단어는 ‘공사’, ‘품질’, ‘공정’, ‘시공’, ‘자재’, ‘현장’, ‘계획’의 순으로 품질성과와 밀접한 단어의 빈도가 높게 포함되었다. 상위 빈도를 보이는 키워드의 경우 감성의 극성을 보인다고 판단하기는 어렵고 긍정과 부정에 노출된 경우가 존재하는 이유로 1점을 부여하였다. 빈도 상위 40개 키워드 중 품질성과에 부정적인 영향을 의미하는 ‘변경’, ‘발생’, ‘하자’ 총 3개에 대해 0점을 부여하고, ‘계획’, ‘확인’, ‘사진’, ‘완료’, ‘검수’, ‘노력’ 등은 품질성과에 긍정적으로 영향을 미치는 것으로 설정한다.

Table 2. Frequency ranking and labels for the top 40 words

Frequency-ranking	Keyword	Label Score	Frequency-ranking	Keyword	Label Score
1	Management	1	21	Occurrence	0
2	Construction(work)	1	22	Safety	1
3	Quality	1	23	Admission	1
4	Process	1	24	Supervision	1
5	Construction	1	25	Acquisition	1
6	Materials	1	26	Completion	1
7	Site	1	27	Finished	1
8	Planning	2	28	Use	1
9	Review	1	29	Project	1
10	Verification	2	30	Complete	2
11	Test	1	31	Construct	1
12	Conduct	1	32	Comprehensive	1
13	Check	1	33	Whether	1
14	Progress	1	34	Imported	1
15	Notice	1	35	Technical	1
16	Before	2	36	Inspection	2
17	Construction type	1	37	Effort	2
18	Work	1	38	Construction	1
19	Change	0	39	Defects	0
20	Design	1	40	About	1

4.3 SL-QPA 모델 적용 결과

SL-QPA(Sentiment Lexicon-Quality Performance Assessment)는 건축현장 품질성과를 평가하는 모델이다. SL-QPA 모델 적용은 공사감리문서에 등장하는 모든 문장에 대해 단어에 라벨링된 감성점수를 구하는 것으로 시작한다. 문장의 감성

점수는 식 (2)와 같이 계산되는데, 하나의 문장에 등장하면 식 (1)이 적용되어 키워드의 감성점수를 모두 더한 값을 문장 내에 등장한 단어 중 중복된 단어를 제외한 수를 나눈다. 이렇게 문장의 감성점수를 모두 구한 후 식 (3)과 같이 모든 문서 내에 등장하는 문장의 감성점수를 모두 더하고 문장의 개수를 나눈 값이다.

$$match(t,s) = \begin{cases} 1 & : \text{If the word 't' is contained in the sentence 'a'} \\ 0 & : \text{If not} \end{cases} \quad (1)$$

$$Sentence - score(s) = \frac{\sum_t (match(t,s) \times word - score(t))}{\sum_t match(t,s)} \quad (2)$$

$$Document - score(d) = \frac{\sum_{s \in d} sentence - score(s)}{S(d)} \quad (3)$$

단위 현장의 평가는 공사감리문서에 기술되는 모든 품질 관련 문장의 점수를 산술 평균하여 산정한다. 하나의 건축현장에 관한 품질 성과평가에 적용할 경우, 식 (4), (5), (6)과 같이 대상 건축현장 공사감리문서에서 기술된 문장, 문장 내에서 등장하는 단어 중 감성점수가 부여된 단어 목록, 그리고 그 단어의 감성점수가 활용된다.

$$Sentence 'a' : A schedule will be revised based on the overall schedule that is submitted at the start of construction, reflecting the implementation drawings, site conditions, etc., and will be applied \quad (4)$$

$$List\ of\ words\ scored\ among\ words\ presented\ in\ sentence\ 'a' = \{Start\ of\ construction, Submitted, overall, construction\ schedule, drawings, site, condition, reflecting, revised, supervisory, applied, process, management, control\} \quad (5)$$

$$Scores\ of\ words\ by\ labeling = \{1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 2, 0, 1, 1, 1, 1, 2\} \quad (6)$$

$$Score\ of\ sentence\ 'a' = \frac{1+2+\dots+1+2}{17} = 1.06 \quad (7)$$

식 (2), (6)를 이용하여 문장 ‘a’의 점수를 구하면, 식 (7)과 같이 나타난다. 이때 분자는 문장 ‘a’에 등장하는 단어 중 감성점수가 부여된 단어들의 감성점수를 합산한 것이며, 분모는 감성점수가 부여된 단어들의 개수를 나타낸다. 이처럼 문장 ‘a’에 대한 품질성과 수준은 1.06으로 산정된다. 언급된 바와 같이 문장 점수를 계산하는 과정을 1개의 건축현장에서 생성된 감리 문서에서 등장하는 모든 문장에 대해서 적용한 후, 그 값을 산술평균한 것이 건축현장 품질성과 수준을 계량화한 결과이다. 문장의 점수가 부여될 때 건축현장의 품질성과를 계산하는 과정은 식 (8)과 같다.

$$Quality\ performance\ score\ of\ construction\ site\ 'A'\ (referred\ to\ Sentiment\ Lexicon) = \frac{1.06 + 1.33 + 0.91 + 1.30 + 1.13 + 1.05 + 1.39 + 1.13 + 1.33 + 1.14 + 1.33 + 1.29 + 1.00}{13} = 1.18 \quad (8)$$

Table 3. Compilation of quality performance scores for construction sites based on analyzed words

No. of Constr. Site	Sentimental score (0~2)	SL-QPA result(transformed score)		No. of Constr. Site	Sentimental score (0~2)	SL-QPA result(transformed score)	
		(If less than 100%, a building construction site is not satisfied in spite of meeting with regulatory criteria, but if more than 100%, a building construction site is enough to meet with the criteria and to achieve a good quality performance)				(If less than 100%, a building construction site is not satisfied in spite of meeting with regulatory criteria, but if more than 100%, a building construction site is enough to meet with the criteria and to achieve a good quality performance)	
1	1.183		118.3%	16	0.917		91.7%
2	1.209		120.9%	17	1.147		114.7%
3	1.206		120.6%	18	1.152		115.2%
4	1.191		119.1%	19	1.176		117.6%
5	1.224		122.4%	20	1.16		116.0%
6	1.17		117.0%	21	1.193		119.3%
7	1.26		126.0%	22	1.037		103.7%
8	1.217		121.7%	23	1.019		101.9%
9	1.162		116.2%	24	1.067		106.7%
10	1.196		119.6%	25	1.168		116.8%
11	1.275		127.5%	26	1.157		115.7%
12	1.279		127.9%	27	1.195		119.5%
13	1.177		117.7%	28	1.058		105.8%
14	1.222		122.2%	29	1.219		121.9%
15	1.244		124.4%	30	1.275		127.5%

Table 3은 30개 건축현장의 품질성과 수준에 대한 감성점수(0~2점)와 변환된 점수(0~200%)를 제시하고 있다. 변환된 점수는 100%을 기준으로 작고 큰 값으로 구성되는데, 100%의 경우 대상 현장은 제도적으로 요구되는 시공 및 자재 품질을 충족하고, 품질성과도 현장의 공사 일정과 비용 변동에 영향을 미치지 않는 적합한 수준으로 정의된다. 하지만, 100%보다 적은 경우는 제도적 요구사항을 충족하지만, 현장 일정, 비용 등에 부정적 영향을 미치는 수준, 100%보다 큰 경우는 요구사항 충족과 함께 대상 현장의 품질성과에 대한 양호한 수준을 차별화한다. 감성사전 기반 수집된 건축현장의 품질성과 점수는 0.9~1.3의 값(변환 점수: 91.7~127.5%)으로 나타났다. 건축현장 간 품질성과 점수가 큰 차이를 보이지 않은 것은 적용된 30개 현장은 품질성과 관점에서 하자, 부실시공 등의 이슈가 많이 포함되어 있지 않은 사례이고, 구축된 감성 사전에 정립된 중립적인 키워드가 감리문서에서 높은 빈도로 포함된 것으로 해석된다. 즉, 본 연구에서 적용된 건축현장 사례들은 법적 기준을 대체적으로 준수한 것으로 분석된다. 하지만, SL-QPA 모델은 변환 점수 기준으로 건축현장의 품질성과 수준을 계량적으로 차별화하여 품질 점검 및 관리 활동에 대한 사후 평가와 연계할 수 있고, 향후 효율적이고 현실적인 관리 계획 수립의 기초자료로 활용할 수 있는 특징이 있다. 또한, 공사 중 생성되는 품질 점검 결과를 적용하여 건축현장의 품질성과 현황을 모니터링하는 데 활용될 수 있다.

Figure 3은 품질시험불합격률, 검수자재불합격률, 검측관리실적과 같은 기존의 품질성과와 SL-QPA 모델에서 도출된 결과의 상관관계를 살펴본 결과이다. 이들 기존의 데이터는 공사감리문서에 포함되는 대표적인 정량적 품질성과 지표[8]로 SL-QPA 모델에서 도출된 결과의 적합성을 통계적으로 검증하는 데 활용된다. 또한, 정량적 지표는 품질에 대한 불합격 건수를 기반으로 산정되어 값이 클수록 건축현장의 품질성과 수준은 낮은 것으로 해석되고, SL-QPA 값 간의 관계는 이해가 쉬운 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 적용한다. 즉, SL-QPA 모델에 의해 도출된 값이 클수록 해당 현장의 품질성과 수준은 높은 것으로 해석되면서, 이 경우 기존의 품질성과 지표(품질시험불합격률, 검수자재불합격률, 검측관리실적)가 낮아야 SL-QPA 모델이 적합하다. Figure 3과 같이 SL-QPA 모델에 의한 공사현장 품질성과 수준과 기존 3개 지표는 음의 상관계수를 나타낸다. 특히, 품질시험불합격률과의 상관계수가 -0.6으로 보통 이상의 음의 관계인 것으로 분석되어, SL-QPA 모델은 건축현장의 시공품질에 대한 성과를 설명하기 위한 도구로 효율적이다. 나머지 두 계량적 지표(검수자재불합격률, 검측관리실적)와의 상관관계도 음의 관계를 보여 SL-QPA 값은 건축현장의 전반적인 품질성과 수준을 평가하

고 계량화하는 데 활용할 수 있다.

$$Quality\ test\ failure\ rate = \frac{Number\ of\ Quality\ Test\ Failure}{(Total\ Floor\ Area / 1,000m^2)} \tag{9}$$

$$Material\ inspection\ failure\ rate = \frac{Number\ of\ Material\ Inspection\ Failure}{(Total\ Floor\ Area / 1,000m^2)} \tag{10}$$

$$Adequacy\ of\ quality\ inspection\ management\ rate = \frac{Failure\ of\ Quality\ Inspection\ Management}{Total\ Adequacy\ of\ Quality\ Management} \times 100\% \tag{11}$$

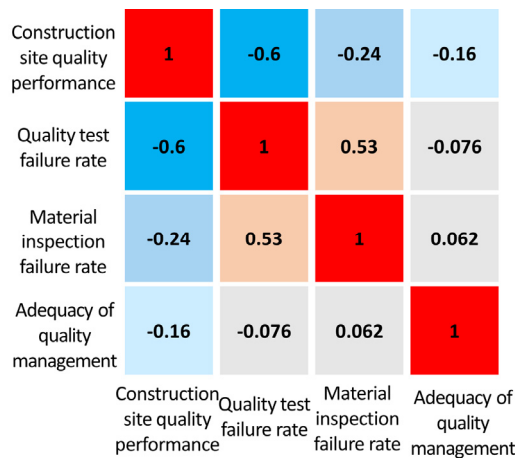


Figure 3. Correlation analysis between a SL-QPA result and 3 quantitative performance indices

또한, Table 4와 같이 SL-QPA 값과 제도적 기준에 의한 3개의 계량적 지표 간 상관관계, 95% 신뢰구간, 일원분산분석 (One-way ANOVA)을 통한 t-검정으로 p-값을 분석하였다. p-값은 28(=30-2)의 자유도를 가진 t-분포를 기반으로 산정된다. 여기서 t-검정은 전체 수집된 건축현장 중 SL-QPA 모델 구축을 위해 30개 현장을 선정하는 과정에서 랜덤하게 30차례 수행하여 각 조합별 생성되는 SL-QPA 값과 실제 품질시험불합격률, 검수자재불합격률, 검측관리실적 값들 간 상관관계수에 대한 가설검정으로 수행하였다. 또한, 일반적으로 모델 개발에 적용되는 유의수준 0.05를 기준으로 공사의 품질시험불합격률과 검수자재불합격률에 p-값을 살펴보면, SL-QPA 모델 기반 품질성과 평가 점수는 유의미한 것으로 분석된다. 하지만, 검측관리실적과의 상관관계는 유의성이 낮게 산출되었는데, 이는 건축현장에 대한 품질성과는 시공품질, 자재품질 등으로 포괄적으로 평가되고, 검측관리실적은 품질관리 업무에 대한 평가로 해석된다. 따라서 본 연구에서 제안된 SL-QPA 모델은 품질시험불합격률과 검수자재불합격률에 따른 품질성과를 비정형데이터를 활용한 정량화 도구로 관리자의 의사결정에 활용할 수 있다.

Table 4. Statistical analysis via one-tail ANOVA of correlation coefficient between SL-QPA results and 3 quantitative performance indices

Quantitative Quality Performance Indices	Correlation Coefficient	95% Confidence Interval	p-value
Quality test failure rate	-0.6	(-0.79, -0.31)	< 0.001
Material inspection failure rate	-0.24	(-0.55, 0.14)	0.021
Adequacy of inspection management	-0.16	(-0.49, 0.22)	0.412

5. 결론

본 연구에서 제안된 모델은 정형데이터 중심의 품질성과 평가에 활용되는 의사결정을 보완하고, 데이터 미흡 및 오류에 대해 비정형데이터의 활용성을 확대하여 기존 연구와의 차별화를 시도하였다. 즉, 건축현장에서 생성되는 공사감리문서를 활용한 품질성과 평가는 문서에 포함된 품질 관련 단어를 추출하여, 텍스트마이닝 후 키워드의 토큰화, 빈도 분석 등 전처리 후 전문가 그룹을 통해 키워드가 라벨링된 감성사전을 구축하였다. 본 연구에서 제안된 SL-QPA 모델 구축 절차 및 적용 결과는 다음과 같다.

건축법 기반 공사감리가 의무적으로 적용되는 30개의 건축현장에서 수집한 공사감리문서를 활용하여 품질과 관련된 정보를 반영하는 텍스트 데이터와 제도적 기준에 의해 생성되는 품질시험불합격률, 검수자재불합격률, 검측관리실적을 데이터베이스화하였다.

텍스트마이닝 기법으로 추출한 텍스트 중심의 비정형데이터를 토큰화, 빈도 분석 등으로 명사, 형용사, 부사의 형태로 분류하고, 불용어를 제거하여 단어 품질성과와 관련된 296개 단어에 대하여 라벨링을 진행하였다. 라벨링은 3차례의 전문가 그룹을 통해 부정(0)을 의미하는 35개의 단어, 중립(1)은 93개, 긍정(2)은 168개의 단어로 설정되었다. 건축현장 사례가 증가할 경우 라벨링된 점수는 지속적으로 개선될 수 있다.

기존의 건축현장 품질성과를 판단하는 3대 지표(품질시험불합격률, 검수자재불합격률, 검측관리실적)와 SL-QPA 모델에 의해 산정된 품질성과 점수는 모두 음의 상관관계를 보이며, 피어슨 상관관계수(-0.6, -0.24)는 통계적으로 유의미한 것으로 분석되었다. 즉, SL-QPA 모델과 지표 간 t-검정 결과 품질시험불합격률, 검수자재불합격률은 통계적으로 상관관계가 유의하여 모델에 의한 품질성과 계량화가 유의미한 것으로 해석된다.

건축현장에 디지털 기술이 본격적으로 적용되면서 비정형데이터의 규모는 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 비정형데이터의 활용성은 여전히 제한적이지만, 본 연구에서 제안된 비정형데이터 기반 품질성과 계량화 모델은 의사결정 도구로 활용될 수 있다. 텍스트 기반 감성사전 구축은 시공단계에서 감리자에 의해 생성되는 정보를 정기적으로 활용하여 성과 수준을 등급화할 수 있는 특징이 있으며, 이는 품질 점검 및 관리 활동의 적시성을 높일 수 있다. 또한, 공사감리문서에 포함된 공기, 안전, 비용, 환경 등과 관련된 비정형데이터와 통합하여 건축현장의 포괄적 성과지표 개발에 활용될 수 있다. 향후 본 연구에서 제안된 모델은 텍스트 기반 비정형데이터의 활용 가능성을 증가시키고, 건축현장의 품질성과 수준을 계량적으로 진단할 수 있는 기초자료로 사용될 수 있다. 이는 기존의 공사 후 품질시험, 자재검사 등 건축법 등에서 요구되는 기준(품질시험불합격률, 검수자재불합격률, 검측관리실적)에 의해 제공되는 정형데이터 중심의 품질성과 평가 도구를 고도화하고 상호 보완할 것으로 기대된다.

요약

최근 국내 건축현장에서 붕괴사고가 계속해서 발생하고 있어 시공 및 자재 품질 점검과 관리에 대한 공사감리의 중요성이 증가하고 있다. 현행 제도 및 기준에 의하면, 공사감리 업무는 주요 책임이 있는 감리자가 건축현장에서 진행되고 있는 시공 품질, 자재 품질, 재시공 이력 등이 상세하게 기술하여 공사감리보고서를 작성한다. 이러한 문서는 대표적인 비정형데이터로 건축현장에서 생성되고 있는 데이터의 80%의 비중을 차지하고 있으며, 건축현장의 품질정보가 상세하게 기록되어 있다. 본 연구에 건축현장에서 발생하고 있는 공사감리보고서를 텍스트마이닝으로 전처리 후 감성사전을 구축하여 품질성과 수준을 평가하고 계량화할 수 있는 SL-QPA 모델을 제안하였다. 모델에서 산정된 성과 점수와 법적 기준에 의한 지표와의 피어슨 상관관계 분석하고, 상관관계수에 대한 일원분산분석 결과는 통계적으로 유의미하였다. 제안된 SL-QPA 모델은 현행 건축현장 품질성과 진단에 상호 보완적으로 활용될 수 있고, 공사단계에서 연속적으로 생성되는 비정형데이터를 활용하여

점검 및 관리 활동의 적시성을 향상시킬 것으로 기대된다.


키워드 : 건축현장, 공사감리문서, 비정형데이터, 텍스트마이닝, 감성사전 기반 품질성과 평가


Funding

This research was supported by a grant(RS-2022-00143493, project number:1615012983) from Digital-Based Building Construction and Safety Supervision Technology Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean Government.

ORCID

Kiseok Lee,  <https://orcid.org/0000-0003-3207-4058>

Taegeun Song,  <https://orcid.org/0009-0003-7941-5128>

Wi Sung Yoo,  <https://orcid.org/0000-0001-9284-3918>

References

1. Announcing the results of the investigation into the collapse of the underground parking lot of an apartment building in Incheon [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2023 Jul 05. Available from: http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95088540
2. Kim DG. The seoul metropolitan government's ordering construction will directly supervise...a trial application of seongsan bridge floor repair work [Internet]. Seoul (Korea): Seoul Digital Foundation; 2022 Jul 13. Available from: https://www.seoul.go.kr/news/news_report.do#view/367460?tr_code=snewss
3. Building act [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2023 Jun 11. Available from: <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EA%B1%B4%EC%B6%95%EB%B2%95/%EC%A0%9C25%EC%A1%B0>
4. Song SH, Lee HS, Park MS. Quality performance management system for construction projects using quality performance indicators. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2006 Jan;7(3):76-85.
5. Kwak C, Kim YS. An analysis for the causes of design quality declining from the perspective of a contractor in the apartment construction projects. Journal of The Architectural Institute of Korea Structure & Construction. 2010 Dec;26(12):193-200.
6. Construction technology promotion act [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2022 Jan 18. Available from: <https://www.law.go.kr/%ED%96%89%EC%A0%95%EA%B7%9C%EC%B9%99/%EA%B1%B4%EC%84%A4%EA%B3%B5%EC%82%AC%ED%92%88%EC%A7%88%EA%B4%80%EB%A6%AC%EC%97%85%EB%AC%B4%EC%A7%80%EC%B9%A8>
7. Kim KJ. Measures to improve current building defect liability system through relevant legislation analysis and status analysis. Journal of Real Estate Analysis. 2021 Jul;7(2):117-39. <https://doi.org/10.30902/jrea.2021.7.2.117>
8. Kim SH, Yoo WS, Choi SI. A review of the state-of-the-art in construction public data implementation - especially 4 selected construction information systems. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society. 2023 Apr;24(4):49-60. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.4.49>
9. Sung YK, Hur YK, Lee SW, Yoo WS. Development of performance indicators on private building construction sites using supervisory report. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2022 Nov;23(6):65-75. <https://doi.org/>

10.6106/KJCEM.2022.23.6.065

10. Park HM, Kim CH, Kim JH. Generating a korean sentiment lexicon through sentiment score propagation. *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*. 2020 Feb;9(2):53-60. <https://doi.org/10.3745/KTSDE.2020.9.2.53>
11. Minister won hee-ryong orders enhanced role of public supervision in safety [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2023 Aug 09. Available from: http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95088682
12. Lee CH, Kim BS. Improvement of personnel cost and placement scale of quality manager for construction. *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*. 2018 Apr;38(2):327-36. <https://doi.org/10.12652/Ksce.2018.38.2.0327>
13. Cho JH. An empirical study on top management's leadership in construction quality management activities and construction quality management performance. *Journal of the Korean Society for Quality Management*. 2017 Sep;45(3):403-26. <https://doi.org/10.7469/JKSQM.2017.45.3.403>
14. Lee CH, Kim BS. The establishment of roles and titles of quality control personnel for construction project quality assurance. *KSCE Journal of the Korean Society of Civil Engineers*. 2017 Oct;37(5):871-8. <https://doi.org/10.12652/Ksce.2017.37.5.0871>
15. Moradi S, Ansari R, Taherkhani R. A systematic analysis of construction performance management: key performance indicators from 2000 to 2020. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*. 2022 Feb;46:15-31. <https://doi.org/10.1007/s40996-021-00626-7>
16. Keenan M, Rostami A. The impact of quality management systems on construction performance in the north west of england. *International Journal of Construction Management*. 2019 Apr;21(9):871-83. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1590974>
17. Demirkesen S, Ozorhon B. Measuring project management performance case of construction industry. *Engineering Management Journal*. 2017 Dec;29(4):258-77. <https://doi.org/10.1080/10429247.2017.1380579>
18. Kim HY, Jang YE, Kang HB, Son JW, Yi JS. A suggestion of the direction of construction disaster document management through text data classification model based on deep learning. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2021 Sep;22(5):73-85. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2021.22.5.073>
19. Lee JH. Construction engineering and management. Seoul (Korea): Korean Journal of Construction Engineering and Management; 2019. 62 p.
20. Youn DH. A study on the unit-space lexicon use of architects in house design. *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*. 2013 Apr;15(2):139-48.
21. Liu B. Sentiment analysis and opinion mining. CA: Morgan & Claypool Publishers; 2012. 168 p.
22. Kim DY, Park JW, Choi JH. A comparative study between stock price prediction models using sentiment analysis and machine learning based on sns and news articles. *Journal of Information Technology Services*. 2014 Sep;13(3):221-33. <https://doi.org/10.9716/KITS.2014.13.3.221>
23. Jun JJ, Ahn SH, Lee MH, Hwang HJ. Research on how to build a sentiment dictionary for economic terms [Internet]. Seoul (Korea): The Bank of Korea; 2020 May 23. Available from: <file:///C:/Users/User/Downloads/%EA%B2%BD%EC%A0%9C%EC%9A%A9%EC%96%B4%20%EA%B0%90%EC%84%B1%EC%82%AC%EC%A0%84%20%EA%B5%AC%EC%B6%95%EB%B0%A9%EC%95%88%20%EC%97%B0%EA%B5%AC.pdf>
24. Han SH. A study on development of 'lexicon division-emotion'. *The Journal of the Humanities for Unification*. 2018 Sep;75:33-70. <https://doi.org/10.21185/jhu.2018.9.75.33>
25. An JK, Kim HW. Building a korean sentiment lexicon using collective intelligence. *Journal of Intelligence and Information Systems*. 2015 Jun;21(2):49-67. <https://doi.org/10.13088/jiis.2015.21.2.49>