

Research Paper

스마트 건설을 위한 건설산업의 디지털화와 디지털 전환 방안 연구: 데이터 허브와 응용프로그래밍 인터페이스(API) 활용

A Study on Digitalization and Digital Transformation of the Construction Industry for Smart Construction: Utilization of Data Hub and Application Programming Interface(API)

김지명¹ · 손승현² · 윤경철^{3*}

Kim, Ji-Myong¹ · Son, Seunghyun² · Yun, Gyeong Cheol^{3*}

¹Assistant Professor, Department of Architectural Engineering, Mokpo National University, Muan-gun, Jeonnam, 58554, Korea

²Researcher, Department of Architectural Engineering, Mokpo National University, Muan-gun, Jeonnam, 58554, Korea

³Associate Professor, Department of Railway Management, Songwon University, Gwangju, 61756, Korea

*Corresponding author

Yun, Gyeong Cheol
Tel : 82-62-360-5833
E-mail : kotsa1988@naver.com

Received : June 23, 2022

Revised : June 30, 2022

Accepted : July 1, 2022

ABSTRACT

While the construction industry is striving to make changes suitable for the 4th industrial revolution era through the introduction of 4th industrial revolution technologies, such change is progressing more slowly than in other industries. Nevertheless, the recent digitization and digital transformation of the construction industry can provide a new paradigm to address and innovate the chronic problems faced by the construction industry. Therefore, in this study, a case study using a data hub and API for use of the data hub, which is essential for digitalization and digital transformation, was conducted, and the efficiency and feasibility of using the data hub and API were considered. When the API system was introduced, it was found that the average budget savings per person was about 23%, and the cost-benefit ratio was about 4.4 times higher, indicating that the feasibility of the project was very high. The results and framework of this study can serve as fundamental research data for related research, and provide a worthy case study to promote the introduction of related technologies. This will ultimately contribute to digitalization and digital transformation for smartization of the construction industry.

Keywords : digitization, digital transformation, data hub, application programming interfaces, smart construction

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

4차 산업혁명 기술로 일컬어지는 빅데이터, 나노기술, 로봇공학, 인공지능, 무인교통, 사물인터넷, 3D프린팅, 나노기술, 첨단 융합기술 등의 기술이 다양한 분야에 널리 적용되고 이러한 기술들은 새로운 패러다임으로 인식되고 있다[1]. 상기 기술들은 많은 산업분야에서 융합되어 급격히 활용도가 증가하고 있으며, 그 효용성을 증명되고 있다[2,3]. 이에 건설업계에 서도 드론, IoT, 센서기술, 디지털 트윈 등의 도입을 통해 주기적으로 현장을 모니터링하여 현장의 공정과 작업자 현황을 실시간으로 추적하는 등의 기술 도입을 추진하고 있다. 그러나, 건설 산업의 신기술 도입은 의료, 교육, 금융 등 타산업군에 비



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.

해 더디게 진행되고 있다[4].

건설산업의 특수성과 불확실성에서 빚어지는 높은 안전재해율과 재정적 손실의 최소화 및 기존의 위험산업이라는 낙인을 벗어나기 위해서는 새로운 패러다임의 적극적인 도입이 필수적이다[5]. 또한, 건설현장에서 사용 빈도가 증가하고 있는 IoT(Internet of Things), ICT(Information and Communications), 센서, 드론 등의 기술들은 사용자의 편의성, 효율성, 안전 등을 제고할 뿐만 아니라 엄청난 양의 데이터를 양산해 낸다. 이처럼 방대한 빅데이터를 축적하고, 분석하기 위해서는 데이터 구축 및 AI 기술의 활용이 불가피하기 때문에 관련 기술에 대한 수요는 더욱 급증할 것으로 예상된다[6]. 아울러, 최근 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어에 기하학적 발전으로 빅데이터를 짧은 시간에 분석할 수 있게 되었다. 이러한 데이터 수집 및 분석 기술의 발전을 토대로 딥러닝 기술과 같은 인공지능기술과 빅데이터는 더욱 발전하고 있다. 이러한 기술은 새로운 접근 방식으로 주목 받고 있으며, 이러한 흐름은 기술 혁신을 촉진시키고 있다[7]. 건설산업에서는 딥러닝 기술과 빅데이터를 활용하여 안전사고의 상관관계를 분석하고 위험인자를 분석하는데 응용할 수 있으며, 선행연구에서는 기존 통계 모델에서 정의되지 못한 안전사고 위험인자를 규정하고 상관관계를 추정하였다[5,8,9].

앞에서 살펴본 바와 같이, 빅데이터의 구축과 빅데이터 분석을 위한 딥러닝과 같은 기술은 더욱 발전할 것으로 예상된다. 특히, 최근 건설현장에서 널리 활용되고 있는 무인항공기, 안전센서 정보, 사물인터넷, 기상정보, 등은 빅데이터와 결합하여, 업무의 효율성뿐만 아니라 궁극적으로는 건설현장의 안전사고 위험을 예방하고 줄일 수 있을 것으로 기대된다[10-12]. 따라서, 본 연구의 궁극적인 목표는 건설산업의 스마트화를 위한 방안으로 4차혁명 기술 중 빅데이터 구축과 분석을 위한 디지털 전환과 데이터 허브에 대해 알아보고, 그 효용성과 타당성에 대해 알아보고자 한다. 본 연구의 목표를 달성을 위해 데이터 허브와 응용프로그래밍 인터페이스(API)의 실제 시스템 구축 사례를 통해 그 가치를 정량화 해 보고자 한다.

1.2 디지털 전환과 데이터 허브

디지털화는 사회와 기업의 지속적인 변화 과정으로 디지털 기술은 목표, 지식, 경험 등 서로 다른 당사자간에 다양한 협업 및 관계를 가능하게 한다[13]. 디지털 기술을 활용함으로써 기업은 상대 기업보다 경쟁우위를 차지 할 수 있으며 더 높은 가치를 창출할 수도 있다[14]. 또한, 정부, 고객, 공급업체 등 다양한 관계에서 변화의 시발점이 되기도 한다[15]. 이렇듯 디지털화는 서로 다른 목표와 필요를 가진 주체 사이에 협업을 가능케 한다. 데이터베이스가 이를 보여 주는 좋은 예로 협력 주체 간에 아이디어와 의견을 통해 해석과 요구를 달리하여 적용할 수 있다.

디지털 전환(Digital transformation)은 일상생활 및 업무에서 디지털 장비와 디지털 기술의 사용이 증가함에 따라 전통적인 경쟁 관계와 관행을 파괴하고 기술에 대한 최종 사용자의 행동을 변화시키는 것을 의미하고 있다[16]. 디지털 전환을 위해서는 디지털 데이터, 자동화 시스템, 디지털 네트워크, 디지털 접근의 디지털 기술을 필요로 한다[17]. 디지털 기술은 사용 시에 많은 양의 디지털 데이터를 생성한다, 이는 웨어러블 센서나 스마트 장비를 통해서 집적이 되기도 한다[18]. 자동화 시스템은 디지털 기술을 활용하여 물건을 나르는 로봇이나 계약관계 등을 기록한 블록체인과 같은 구성 시스템을 만들게 된다[19]. 디지털 네트워크는 개별 활동을 연결하거나 동기화하여 증강현실, 클라우드, 센서 등을 사용하여 디지털을 통한 물리적 연결을 말한다[20]. 마지막으로 디지털 접근은 데이터 분석 및 처리를 실시간으로 실행하기 위한 인터넷 네트워크를 말한다[18]. 디지털 전환은 비즈니스 변환을 위한 통신기술이나 정보뿐만 아니라 비즈니스 혁신을 위한 경쟁 전략, 아이디어, 개념 등을 포함한다. 따라서, 디지털 전환은 궁극적으로는 비즈니스 성과를 극대화하기 위해 디지털 기술을 사용하는 것임과 동시에 기술에 국한되지 않고 디지털 기술의 사용에 따라 발생하는 변화이기도 하다[21,22]. 건설산업에서도 디지털 기술의 사용이 급증함에 따라 디지털 전환을 통한 스마트 건설을 통해 산업의 혁신과 성과의 최적화를 위한 고찰이 필요하다.

데이터 허브(Data hub)는 여러 경로의 통해 수집되는 다양한 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 분석하거나 가공을 통해 정형화하여 규격화되고 표준화된 데이터를 전달하는 hub 역할을 한다. 또한 데이터 hub에서 제공하는 데이터는 다양한

다른 주체들의 서비스 및 시스템을 통해 사용되기 편리한 표준화된 데이터이기 때문에 응용 프로그래밍 인터페이스 (Application Programming interface, API) 를 통하여 거래되거나 제공된다[23]. 따라서, 본 연구에서는 데이터 허브와 API 를 활용한 실제 시스템 구축 사례를 분석함으로써, 그 가치에 대해 고찰해 보고자 한다.

2. 데이터 수집 및 API 모델개발

2.1 데이터 수집

본 연구에서는 한 공공기관에서 5년간(2014년~2018년) 지급한 여비지급 데이터를 수집하고, 1,000개를 랜덤 샘플링 (Random Sampling)하여 분석을 하였다. 랜덤 샘플링한 샘플의 통계는 Table 1과 같다. 여비 지급의 기준은 교통비는 이동경로의 이동거리에 1km당 116.14원 시외버스 운임단가를 적용하고 있으며, 단 소재지가 30km 이내인 경우 3,500원을 지급하였다. 숙박비는 400km 초과 시 1박에 5만원을 지급한다. 식비는 60km 초과시 1식 6천원, 300km 초과시 2식, 400km 초과 3식으로 지급한다. 이 중 교통비 데이터를 사용하여 API 시스템 구축의 효율성과 사업성에 대해 진단해 보고자 한다.

Table 1. Statistics of travel expenses

Type of travel expenses	Number	Average	Max	Min	STD
Transportation cost	1,000	9,175	43,000	4,000	3,662
Food expenses	1,000	6,000	6,000	6,000	0
Room charge	1,000	0	0	0	0

2.2 API를 활용한 교통비 산출 시스템 개발

출장자의 시·구·읍·면 기준 출발지 정보를 사용하여 목적지까지 이동시간을 측정하기 위해 API를 활용하여 시물레이션을 통해 이동시간, 이동거리 및 여비를 산출 하였다. 이동거리 계산, 이동수단에 따른 여비산출은 현재 Google Map, Naver Map, Kakao Map 등에서 제공하고 있는 서비스가 있다. Figure 1과 같이 각 사에서는 Map API를 제공하여 길 찾기가 가능하며, API를 활용하여 여비산정 기초 자료 양식에 맞는 프로그램을 개발을 통해 대량의 데이터도 단시간에 시물레이션이 가능하므로, 본 연구에서는 국가 공공 지도 데이터 허브를 활용하여 API로 구현하였다. API(Application Programming Interface)는 특정 응용프로그램에서 데이터를 송수신하는 방법을 말한다. 특정 데이터를 특정 사이트를 통해 공유할 경우, 어떤 방식으로 정보를 요청하고 제공 받을 수 있는지에 대한 표준화를 말한다[24].

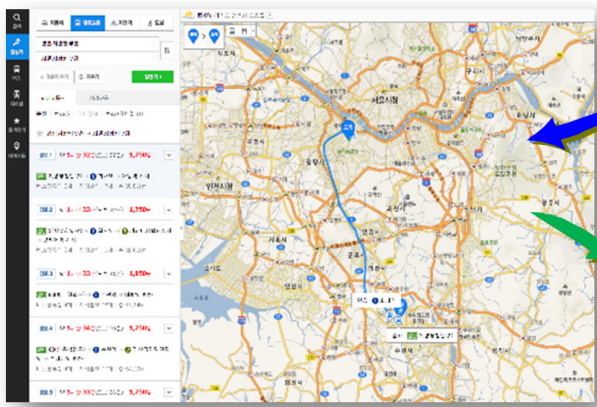
출장자의 시·구·읍·면 기준 출발지 정보를 사용하여 목적지까지 이동시간 및 여비를 측정하기 위해 다음과 같은 프로그램들을 개발하고 시물레이션 하였다

- STEP 1: 출장자 출발지와 도착지의 위경도 정보 추출
- STEP 2: 여비산출 자동화 프로그램 개발
- STEP 3: 이동시간/거리 및 여비 산출

STEP 1에서는 구글맵 API 기반의 주소정보 위경도 변환 프로그램을 개발하고 이를 토대로 출발지와 도착지의 위경도 정보 추출하였다. API기반의 여비산출 자동화 프로그램은 위경도 정보를 토대로 구성되어 있기 때문에, 주소정보(텍스트)를 위경도도 정보로 변환해 주는 프로그램이 필요했다. 본 위경도 추출 프로그램은 주소정보(텍스트)를 구글맵의 API를 활용

하여 좌표(위도, 경도) 정보로 자동 검색해주는 프로그램으로 본 시스템 개발을 위해 자체적으로 개발하였다. Figure 2와 같이 프로그램을 사용하여 출발지의 출발지와 도착지의 위경도 정보를 추출하였다.

STEP 2에서는 오딧세이(ODsay) API를 활용한 여비산출 프로그램 개발하였다. 본 연구에서는 아로정보기술(오딧세이)의 API를 기반으로 하여 출발지와 도착지의 정보(위경도)를 가지고, 대중교통으로 이동 시 이동시간, 이동거리, 소요금액, 아울러, 자가용 이용 시의 이동시간, 이동거리, 비용(유류비와 톨게이트 비용), 택시 이용 시의 금액을 산출하는 프로그램을 개발하였다. 항공, 철도, 버스 등 대중교통 수단이 경합되는 지역의 경우, 최단시간으로 이동하는 경로와 교통수단을 채택하여, 이동시간을 최적화 하였다. 아울러, 대중교통 부재 지역의 경우, 택시를 이용하여 가장 가까운 대중교통편으로 가는 비용을 포함하도록 하였다. 자세한 기준은 Table 2와 같다. Figure 3과 같이 Python을 활용하여 API기반 여비산출 자동화 프로그램을 개발하였다.



<Naver Map>

• If you want to display the travel distance and fare of public transportation by importing map information of a specific site into your program, use the API.

- in this case
1. Send origin/destination information to the API in my program
 2. Response of movement route information from the API

Figure 1. Example of route search service using API

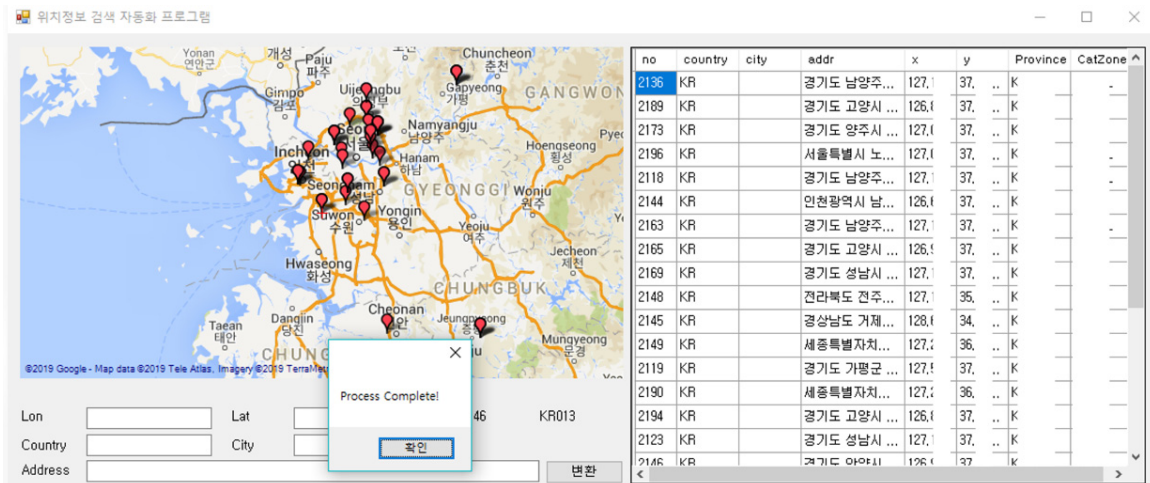


Figure 2. Implementation of Google Map-based address information latitude and longitude conversion program

Table 2. Criteria for travel expense calculation program

Category	Explanation
Travel time	In case of competition between public transportation means, the transportation method that travels in the shortest time is adopted.
Distance traveled	Distance traveled by means of transport in the shortest time
Transportation	In areas without public transportation, use a taxi to move to the nearest public transportation

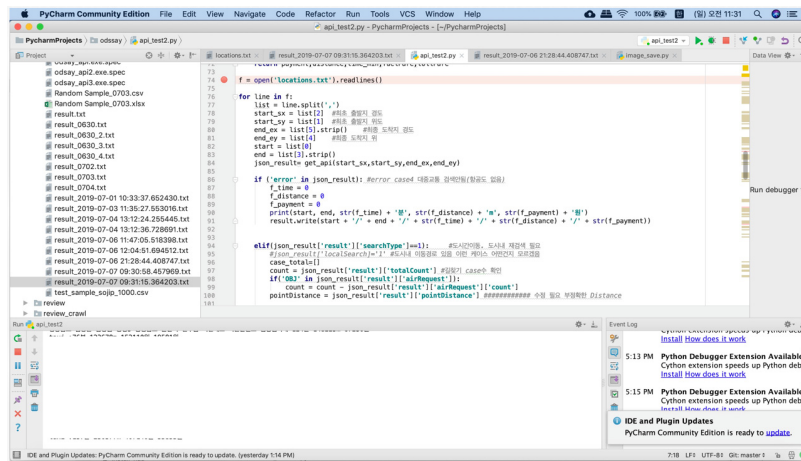


Figure 3. Program run screen

STEP 3에서는 출장자의 이동시간/거리 및 교통비를 산출하였다. API 프로그램을 활용하여 대중교통 이용 시 이동시간, 이동거리, 소요금액, 자가용·택시 이용 시의 비용, 이동시간, 이동거리를 산출하였다. 본 연구에서는 아로정보기술(오딧세이)의 데이터 허브의 API를 사용하여 시뮬레이션 함으로써, 현재 아로정보기술이 가진 데이터를 토대로 결과를 산출하였다. 아로정보기술(ARO In Tech)은 Naver, Kakao, Google 등 국내외 포털 회사와 SKT, KT, LGU+ 등 주요 이동통신사와 국내 대중교통정보를 제공하고 있고, 또한 대중교통 이동거리 및 도로개설 등을 지속적으로 업데이트 하고 있으므로 산출결과에 높은 신뢰도를 가지는 것으로 판단된다. 아울러, 본 시뮬레이션에서는 대중교통부재 혹은 불편지역은 택시를 이용하여 가장 가까운 대중교통 출발지까지 이동한 후 최소시간 기준의 이동경로의 소요비용을 산출하므로, Naver, Kakao, Google 등 국내외 포털 회사에서 제공하는 길 찾기 서비스의 대중교통비와는 다소 차이가 있을 수 있다. Naver, Kakao, Google 등 국내외 포털 회사에서도 같은 데이터(아로정보기술)를 사용하여 이동시간 및 소요여비를 산출하나, 각 회사마다 다른 이동수단 및 이동경로 선택 로직으로 인해 각 회사마다 이동시간 및 소요여비에 차이가 있다. API를 활용한 여비산출 자동화 프로그램의 시뮬레이션 결과는 Table 3과 같다. Table 3과 같이 1,000개의 랜덤 샘플링 시, 시뮬레이션이 완료하여 산출된 개수는 샘플에서 0.8%누락된 것으로 나타났다. 누락된 사유는 읍면 지역의 시내버스구간의 정보가 부재(요금정보 미제공)하여 시뮬레이션 하지 못했기 때문으로 나타났다. 또한, 대부분의 누락 케이스는 낮은 위치정보 수준(시·구·읍·면)의 출발지 주소 정보로 인해 여비를 산출하지 못하지 못했는데 정확한 주소 사용 시 여비 산출 가능한 것으로 나타났다.

Table 3. Statistics of travel expenses

Simulation results	Number	Average	Max	Min	STD	CV
Distance traveled(km)	992	39	365	0.9	54	1.4
Travel time(hour:minute)	992	1:26	7:13	0:09	1:06	0.8

3. 모델 검증

3.1 교통비 지급 적절성 판단

현행 지급기준 교통비와 API 시스템으로 산출된 대중교통실비를 비교하여 교통비 지급의 적절성을 분석하였다. 분석을 위하여 피어슨 상관 계수와 Scatter Plot을 사용하여, 대중교통 사용에 따른 실비와 지급 교통비와의 상관관계를 분석하였다. 상관분석(Correlation Analysis)을 통해 두 자료 간 관계성에 대해 분석하고, 상관계수(Correlation Coefficients)를 사용하여 현행 지급기준의 과다/과소 정도를 수치화하여 평가하였다. 피어슨 상관 계수는 일반적으로 두 변수간의 관계를 설명하기 위해 일반적으로 차용되는 통계 방법이다. 또한, 산점도(Scatter Diagram)를 사용하여 두 결과의 분포의 형태를 시각화하고 이상치(Outlier)를 정의함으로써 과다 지급 구간을 식별하였다. 회귀선과 가까운 구간을 과소 구간으로 정의하여 과소 지급 구간을 식별하였다. Table 4와 같이 출장자의 지급 교통비와 대중교통실비의 피어슨 상관 계수는 0.158 이다. 이는 두 변수 간에 약한 양적 선형 관계를 나타내는 수치이다. 이는 현재기준의 지급체계가 대중교통을 사용한 실비와는 미미한 관계가 있음을 보여주는 지수이기도 하다. 또한, Figure 4와 같이 현행 지급기준 교통비와 모델 산출 교통비 실비를 산점도를 통해 분석한 결과, 많은 이상치 들이 발견되는 것을 잘 보여 준다. 대중교통실비(API산출결과)와 지급교통비는 약한 선형관계를 나타내는 것으로 나타내고 있다. 아울러, Table 5와 같이 출장자의 지급 교통비와 대중교통실비의 통계에서 보는 듯이 실제 사용한 금액보다 평균적으로 건당 200원 정도를 더 지출하는 것으로 나타났다. 그러나 최대 26,000원을 실제 사용한 대중교통실비보다 더 지급하거나, 55,000을 실제 사용한 대중교통실비보다 덜 지급한 사례가 있는 것으로 나타났다. 따라서, 현재 이동거리 기준의 여비지급기준은 대중교통실비와는 약한 선형관계를 가지는 것으로 나타났으며, 여비산정의 현실화 및 오차를 줄이기 위해서는 다른 여비지급기준 마련이 필요함을 잘 보여 주고 있다.

Table 4. Pearson correlation analysis results

Correlation coefficient	Weight
Distance traveled(km)	0.158

Table 5. Statistics of the actual cost of model calculation and transportation cost based on the current payment

Type of travel expenses	Average	Max	Min	STD
cost(1,000 KRW)	+0.2	+26	-55	8

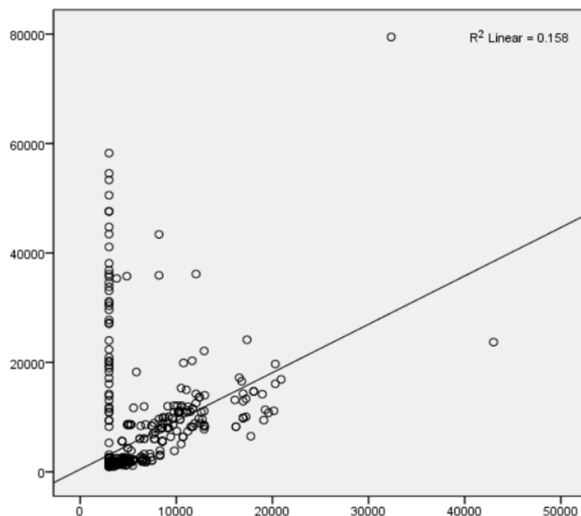


Figure 4. Scatterplot of model calculation actual cost vs current payment standard transportation cost

3.2 실비 과다·과소 지급구간 검토

현행 지급기준 교통비와 모델 산출 교통비를 비교하여 과다·과소 지급구간을 분석 하였다. 지역별 지급교통비와 대중교통 실비의 차는 Table 6과 같다. 과다지급지역은 경상남도, 제주특별자치도, 전라남도로 대중교통 실비에 비하여 지급 교통비가 과다하게 지급되었다. 과소지급지역은 충청남도, 강원도, 충청북도로 대중교통실비에 비교하면 지급 교통비가 과소하게 지급된 것으로 나타났다. 지역별로 과다·과소 지급구간의 뚜렷한 패턴을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 지역별 대중교통 수단의 발달관계과도 긴밀히 관련이 있지만, 아울러 이동거리가 길수록 지급교통비와 대중교통 실비의 차가 커짐을 알 수 있다. 이를 검증하기 위해 변수 간(지급교통비와 대중교통 실비의 차, 대중교통 이동거리, 대중교통 이동시간) Pearson Correlation Test를 실시하여 검증하였다.

Table 6. Difference between the current transportation cost by region and the actual public transportation cost

District division	Average difference(KRW) (Currently paid transportation expenses - Actual transportation expenses)	Distance traveled by public transportation(km)	Public transport travel time (minutes)
Chungcheongnam-do	-12,438	183	210
Gangwon-do	-7,374	158	229
Chung-cheong buk-do	-3,799	86	184
Gwangju	-490	44	79
Jeollabuk-do	111	103	139
Seoul	232	24	54
Daejeon	656	47	75
Daegu	956	53	107
Busan	1,235	23	62
Incheon	1,413	29	71
Gyeonggi-do	1,475	47	91
Gyeongsangbuk-do	2,707	191	251
Jeollanam-do	3,275	58	142
Jeju	3,584	13	50
Gyeongsangnam-do	5,248	188	240

지급교통비와 대중교통 실비의 차의 상관관계 분석 결과는 Table 7과 같다. 지급교통비와 대중교통 실비의 차와 대중교통 이동거리의 피어슨 상관 계수는 -0.414 이다. 이는 두 변수 간에 뚜렷한 음적 관계를 나타내는 수치 이다. 지급교통비와 대중교통 실비의 차와 대중교통 이동시간의 피어슨 상관 계수는 -0.313 이다. 이는 두 변수 간에 뚜렷한 음적 관계를 나타내는 수치 이다. 대중교통 이동거리의 상관계수(-0.414)가 대중교통 이동시간의 상관계수(-0.313)보다 큰 것을 알 수 있다. 이는 대중교통 이동시간은 대중교통 이동거리보다 지급교통비·대중교통 실비의 차와 더 밀접한 관계가 있음을 보여준다. 따라서 지급 교통비와 대중교통 실비의 차를 줄이기 위해서는 현재 이동거리 기준의 지급 기준의 개선이 필요함을 잘 보여 준다. 개선 시 지급교통비·대중교통 실비의 차와 상관계수가 작은 대중교통 이동시간 기준의 지급 기준이 타당할 것으로 판단 된다. Table 8과 같이 교통비의 차이와 거리에 대해서 세분하여 분석하였다. 지급교통비가 대중교통실비에 과소하게 지급되었는데 출장자의 이동거리가 많을수록 평균 차액의 차이가 더 컸다. 이는 현행 여비 기준이 현재 교통 시스템을 잘 반영하지 못하여 장거리 이동자에게 불리하게 작용하는 것을 알 수 있다. 따라서 장거리 이동자에게 다양한 교통수단을 활용한 최적의 교통수단 및 최소시간 기준의 대중교통수단의 실비를 지급하는 것으로 개선이 필요하겠다. 대중교통수단 선택에 따

른 지급 기준 변화에 따른 영향을 분석하였다. Table 9와 같이 API 시스템을 활용하여 대중교통수단 이용에 따른 교통비의 기준 변경에 따른 예산의 영향을 분석하였다. API 시스템을 활용하여 교통비 지급시 일인에 1,400원을 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

Table 7. Statistical analysis of the difference between the current paid transportation cost by region and the actual public transportation cost

Variable	Method	Public transport distance	Public transport travel time
Paid transportation expenses VS. Actual public transportation expenses	Pearson Correlation Sig.(2-tailed)	-0.414 0.000	-0.313 0.000

Table 8. Difference between paid transportation expenses and actual public transportation expenses

Category	Average difference(KRW) (Paid transportation expenses - actual public transportation expenses)	Distance traveled by public transportation(km)
Difference	- 12,236	184

Table 9. Changes in travel expense payment standards with API Model

Variable	Current standard	Change criteria	Difference
1000KRW/1person	9.2	7.8(-23%)	- 1.4

3.3 실비 과다·과소 지급구간 검토

디지털화에 따른 업무 자동화와 모델 개발의 타당성 분석을 실시하였다. 지금까지의 출장자수 기준으로 2021년부터 2030년 까지 10년 동안 API 시스템 구축에 따른 타당성 분석 결과는 Table 10과 같다.

Table 10. Results of business feasibility analysis according to API system establishment

Year	Number of business travelers	Cost(1,000 KRW)		Benefit(1,000 KRW)	Feasibility (benefit/cost)
		System development cost	Service fee	Time reduction	
2021	469,030	68	78	468.62	3.21
2022	442,192	0	78	447.46	5.74
2023	415,354	0	78	425.68	5.46
2024	388,516	0	78	403.27	5.17
2025	361,679	0	78	380.22	4.87
2026	334,841	0	78	356.51	4.57
2027	308,003	0	78	332.14	4.26
2028	281,165	0	78	307.08	3.94
2029	254,328	0	78	281.32	3.61
2030	227,490	0	78	254.86	3.27

API 시스템 사용 시 건당 시간 단축은 보수적인 관점에서 3분을 적용 후 출장자 수에 곱하여 산출하였다. 업무시간가치는 년도 별 물가상승률을 반영한 값을 적용하였다. 서비스 사용료는 서비스를 제공하는 업체와의 협약에 따라 결정되는 특성이 강하고, 물가상승률을 반영하더라도 미미하므로 타당성 분석에서는 분석년도 동안 동일한 값을 적용하였다. API 시스템 구축에 따른 타당성 분석 결과, 초기 시스템 구축에 따른 개발비용으로 비용대비 편익은 3.2로 시작하나 다음 년도부터 서비스 사용료만 발생하므로 편익은 비용대비 5배 이상을 초과하는 것으로 나타나 사업 추진 타당성은 매우 높은 것으로 나타났다. 이는 사업 추진 시 업무 시간 단축에 따른 타당성이 매우 높기 때문인 것으로 판단된다.

4. 토론

다양한 산업 산업분야에서 4차 산업혁명 기술은 융합되고 있으며 그 활용도가 날로 증대되고 있다. 건설업계에서도 드론, IoT, 센서기술, 디지털 트윈 등의 도입을 통해 4차 산업혁명에 걸맞은 변화를 꾀하고 있으나, 그 변화는 타 산업에 비해 더디게 진행되고 있다. 그 동안 건설업은 3D 산업이라는 낙인이 찍혀 있는데, 이는 사고 및 사고 건수가 다른 산업에 비해 훨씬 많기 때문이다. 또한 건설산업은 산업의 특성상 외부환경의 노출도, 반복적인 조립 해체, 중량물 취급 등 다른 산업에 비해보다 더 많은 안전사고위험에 노출되어 있다. 이러한 위험은 항상 건설업계에 존재하여, 이러한 위험을 예방하고 저감하려면, 새로운 패러다임이 필요하다. 최근 불고 있는 건설업계의 디지털화와 디지털 전환은 이러한 새로운 패러다임이 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 디지털화와 디지털 전환에 반드시 필요한 데이터 허브와 데이터 허브의 원활한 이용을 위한 API를 활용한 케이스 스터디를 진행해 보고, 이를 통해 데이터 허브와 API 활용에 대한 이점에 대해 알아보고, 궁극적으로는 건설업의 스마트화를 위한 디지털화와 디지털 전환에 대해 알아보았다.

본 연구에서는 한 공공기관에서 2014년부터 2018년까지 출장자의 여비지급 데이터를 수집하고, 이중 1,000개를 랜덤 샘플링하여 여비를 분석하였다. API를 활용하여 출장자의 출발지 정보와 입영부대 등 목적지까지의 정보를 이용하여 대중교통을 이용한 이동거리 및 이동시간, 소요비용을 산출하였다. 낮은 위치정보 수준과 요금정보 미제공 구간으로 인해 샘플에서 약 1% 미 산출되었다. 향후 시스템 구축 시에는 요금 정보 미제공 구간에 대한 별도의 데이터 허브구축이 필요하고, 시스템 개발 후 시뮬레이션에서는 시·구·읍·면의 주소 정보가 아닌 정확한 주소 정보를 활용한 시뮬레이션이 필요하다. 또한, 지급 교통비와 대중교통 사용 실비 차의 통계 분석하여 현재 교통비 지급 기준은 실제 출장자가 사용하는 여비 보다 작음을 알 수 있었다. 출장자 여비 지급의 현실화를 위한 새로운 지급 기준 마련이 필요하다. 산출된 결과물을 토대로 전국 시·구·읍·면 기준 출발지와 목적지까지의 이동거리와 이동시간을 분석하였는데, 이동시간에 따라 교통비의 오차가 크게 발생하는 것을 알 수 있었다. 현재 이동거리 기준의 여비지급기준은 대중교통실비와는 약한 선형관계를 가지는 것으로, 여비산정의 현실화 및 오차를 줄이기 위해서는 다른 여비지급기준 마련이 필요하다. API 모델을 활용하여 교통비 지급 기준을 변경 시, 일인 평균 약 23%의 교통비 절감의 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 전체적인 교통비 절감뿐만 아니라 출발지에서 도착지까지의 최소시간 소요의 대중교통 사용을 통한 출장자의 편익제공 및 실소요 여비를 지급함으로써 과다·과소 건의 감소 효과를 통한 여비 지급 효율화 및 실소요경비 보전으로 출장자의 경제적 부담 최소화 할 수 있을 것이다. 이뿐만 아니라, API 시스템 구축에 따른 타당성 분석 결과, 시스템 도입에 따른 비용대비 편익은 3.2~5.74배로 평균적으로 약 4.4배의 비용대비 편익이 발생하는 것으로 나타나 사업 추진 타당성은 매우 높은 것으로 나타났다. 따라서, 시스템 도입으로 인한 업무 시간 단축에 따른 업무의 효율성에 엄청난 증대가 예상된다. 이렇듯 데이터 허브와 API를 활용한 자동화 모델 개발 시 우리가 관행적으로 생각하고 행동했던 것과 다른 결과 혹은 우리가 생각하지 못한 결과를 도출해 낼 수 있었다. 건설산업에도 관습적으로 행해오던 것에서 탈피하여 이러한 데이터 허브와 API 기술을 더 적극적으로 도입하여 새로운 가치를 도출해 낼 수 있을 것이다.

본 연구에서는 제시한 API 기반 여비 산출 자동 현행화 기술 활용 방안으로는 이동거리 데이터 자동 현행화 및 여비 자동 산정에 활용될 수 있다. 건설산업의 특성상 외부 출장의 빈도가 높기 때문에 건설관련 공공기관이나 민간기관에서 본 연구

의 결과와 프레임워크를 활용하여 여비정산 업무의 고도화가 가능하다. 또한, 데이터 허브가 구축된 경우 본 연구의 결과 및 프레임워크를 활용하여 다른 업무 자동화 모델의 개발이 가능할 것이다. 아울러, 현재 공공기관에서는 여비 산출 시 업무 담당자는 네이버 지도와 같은 포털 지도서비스에서 출장자의 출·도착지에 대한 거리를 산정 후 국토교통부에서 정한 단위 거리당 시외버스 요금을 반영하여 지불되는 형태로 거리 산정 시 많은 인력과 시간이 소모되어 이에 대한 근본적인 업무 개선이 시급하다. 이에 4차 산업혁명시대를 맞이하여 신정보 기술을 활용하여 인터넷 수작업 검색·측정 방식에서 탈피하여 자동화 시스템을 활용한 업무 효율성이 증대가 예상된다. 궁극적으로 기초자료 산출에 필요한 행정력 절약 및 실시간 현행화가 가능할 것으로 판단된다.

5. 결론

최근 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어에 기하학적인 발전으로 빅데이터를 효과적으로 빠르게 분석할 수 있게 되었다. 이러한 데이터 수집 및 분석 기술의 발전을 바탕으로 하여 AI 기술과 같은 기술은 다양한 산업에 빠르게 적용되고 있다. 더 나아가 이러한 기술은 도입한 산업의 기술 혁신을 촉진시키고 있다. 건설산업에서도 딥러닝 기술과 빅데이터를 활용하여 높은 안전사고율에 대한 연구가 지속되고 있으며, 가시적인 성과를 도출해 내고 있다. 또한, 최근 건설현장에 ICT(Information and Communications), 센서, IoT(Internet of Things) 관련 기술 및 기기가 활발히 도입되고 있다. 더불어, 이러한 기술과 장치는 엄청난 양의 데이터를 생산할 것이기 때문에 데이터를 저장하고 분석·응용하기 위한 기술의 요구는 더욱 증대될 것이다. 본 연구에서는 데이터 허브, API를 활용한 시스템 개발의 프레임 워크를 제시하고 시스템 개발에 따른 효율성과 사업성에 진단해 보았다. 따라서, 본 연구의 결과 및 프레임워크는 관련 연구를 위한 기초 연구자료가 될 것이다. 또한, 이러한 기술의 도입을 촉진하기 위한 좋은 사례 연구가 될 것이다.

그러나 본 연구는 한 공공기관에서 지급한 출장여비를 수집하고, API를 활용하여 이동거리, 이동시간, 대중교통비를 산출하여 분석하였다. 따라서 타 공공기관이나 민간기업 혹은 다양한 국가의 추가적인 데이터 수집을 통한 비교분석 및 검증 을 위한 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 시스템의 고도화를 위해서는 추가적인 자료수집을 통한 샘플 수 증가 등을 통한 질적 증가에 따른 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 향후 건설관련 공공기관, 민간기업의 건설관련 데이터 허브를 수집·분석 하는 추가적인 연구가 필요하다.

요약


다양한 산업분야에서 4차 산업혁명 기술은 그 활용도가 날로 커지고 있다. 건설업계에서도 드론, IoT, 센서기술, 디지털 트윈 등의 도입을 통해 4차 산업혁명에 걸맞은 변화를 꾀하고 있으나, 그 변화는 타 산업에 비해 더디게 진행되고 있다. 그럼에도 불구하고 최근 불고 있는 건설업계의 디지털화와 디지털 전환은 건설산업이 처해 있는 고질적인 문제들을 개선하고 혁신하는 새로운 패러다임이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 디지털화와 디지털 전환에 반드시 필요한 데이터 허브와 데이터 허브의 이용을 위한 API를 활용한 케이스 스터디를 진행해 보고, 이를 통해 데이터 허브와 API 활용에 대한 효율성과 타당성에 대해 고찰해 보았다. API 시스템 도입 시 일인 평균 약 23%의 예산 절감 효과가 있는 것으로 나타났으며, 약 4.4배의 비용대비 편익이 발생하는 것으로 나타나 사업 추진 타당성은 매우 높은 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구의 결과 및 프레임 워크는 관련 연구의 기초 연구자료가 될 것이며, 관련 기술 도입을 촉진하기 위한 좋은 사례 연구가 될 것이다. 이는 궁극적으로는 건설업의 스마트화를 위한 디지털화와 디지털 전환에 기여 할 것이다.


키워드 : 디지털화, 디지털 전환, 데이터 허브, 응용프로그래밍 인터페이스, 스마트 건설


Funding

This research was supported by a grant(NRF-2021R1C1C2091677) from the National Research Foundation of Korea by Ministry of Science, ICT and Future Planning, and also this research was partially supported by research fund the Songwon University in 2019.

ORCID

Ji-Myong Kim,  <https://orcid.org/0000-0002-1907-4291>

Seunghyun Son,  <https://orcid.org/0000-0003-1349-5586>

Gyeong Cheol Yun,  <https://orcid.org/0000-0001-9253-201X>

References

1. Gledson BJ, Greenwood D. The adoption of 4D BIM in the UK construction industry: An innovation diffusion approach. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2017 Nov;24(6):950-67. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2016-0066>
2. Ajayi A, Oyedele L, Owolabi H, Akinade O, Bilal M, Davila Delgado JM, Akanbi L. Deep learning models for health and safety risk prediction in power infrastructure projects. *Risk Analysis*. 2019 Nov;40(10):2019-39. <https://doi.org/10.1111/risa.13425>
3. Gu J, Wang Z, Kuen J, Ma L, Shahroudy A, Shuai B, Liu T, Wang X, Wang G, Cai J, Chenc T. Recent advances in convolutional neural networks. *Pattern Recognition*. 2018 May;77:354-77. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2017.10.013>
4. Infrastructure and Projects Authority. *Transforming Infrastructure Performance*. London (UK): Infrastructure and Projects Authority. 2017. 43 p.
5. Kim JM, Lim KK, Yum SG, Son SH. A deep learning model development to predict safety accidents for sustainable construction: A case study of fall accidents in south korea. *Sustainability*. 2022 Jan;14(3):1583. <https://doi.org/10.3390/su14031583>
6. Kim JM, Bae JS, Park HS, Yum SG. Predicting financial losses due to apartment construction accidents utilizing deep learning techniques. *Scientific Reports*. 2022 Mar;12(1):1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09453-w>
7. Kim JM, Ha KC, Ahn SJ, Son SH, Son KY. Quantifying the third-party loss in building construction sites utilizing claims payouts: A case study in South Korea. *Sustainability*. 2020 Dec;12(23):10153. <https://doi.org/10.3390/su122310153>
8. Akinosho TD, Oyedele LO, Bilal M, Ajayi AO, Delgado MD, Akinade OO, Ahmed AA. Deep learning in the construction industry: A review of present status and future innovations. *Journal of Building Engineering*. 2020 Nov;32:101827. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2020.101827>
9. Kim JM, Bae JS, Son SH, Son KY, Yum SG. Development of model to predict natural disaster-induced financial losses for construction projects using deep learning techniques. *Sustainability*. 2021 May;13(9):5304. <https://doi.org/10.3390/su13095304>
10. Kolar Z, Chen H, Luo X. Transfer learning and deep convolutional neural networks for safety guardrail detection in 2D images. *Automation in Construction*. 2018 May;89:58-70. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.01.003>
11. Seo JO, Han SU, Lee SH, Kim HK. Computer vision techniques for construction safety and health monitoring. *Advanced Engineering Informatics*. 2015 Apr;29(2):239-51. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.02.001>
12. Fang W, Ding L, Luo H, Love PED. Falls from heights: A computer vision-based approach for safety harness detection.

- Automation in Construction. 2018 Jul;91:53-61. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.018>
13. Ebert C, Duarte CHC. Digital transformation. *IEEE Software*. 2018 Aug;35(4):16-21. <https://doi.org/10.1109/MS.2018.2801537>
 14. Korhonen JJ, Halén M. Enterprise architecture for digital transformation. 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI); 2017 Jul 24-27; Thessaloniki, Greece. New Jersey (USA): Institute of Electrical and Electronic Engineers; 2017. p. 349-58.
 15. Rouse WB. A theory of enterprise transformation. *Systems Engineering*. 2005 Oct;8(4):279-95. <https://doi.org/10.1002/sys.20035>
 16. Olanipekun AO, Sutrisna M. Facilitating digital transformation in construction—A systematic review of the current state of the art. *Frontiers in Built Environment*. 2021 Jul;7:660758. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.660758>
 17. Dallasega P, Rauch E, Linder C. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. *Computers in Industry*. 2018 Aug;99:205-25. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.03.039>
 18. Craveiroa F, Duarte JP, Bartoloa H, Bartolod PJ. Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on construction 4.0. *Automation in Construction*. 2019 Jul;103:251-67. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.011>
 19. Maskuriy R, Selamat A, Maresova P, Krejcar O, Olalekan OO. Industry 4.0 for the construction industry: Review of management perspective. *Economies*. 2019 Jul;7(3):68. <https://doi.org/10.3390/economies7030068>
 20. Li J, Greenwood D, Kassem M. Blockchain in the built environment and construction industry: a systematic review, conceptual models and practical use cases. *Automation in Construction*. 2019 Jun;102:288-307. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.005>
 21. Verhoef PC, Broekhuizen T, Bart Y, Bhattacharya A, Dong JQ, Fabian N, Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*. 2019 Jan;122:889-901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
 22. Ismail MH, Khater M, Zaki M. Digital business transformation and strategy: What do we know so far?. *Cambridge Service Alliance*. 2018 Jan;10(1):1-35. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36492.62086>
 23. Marzouk M, Enaba M. Text analytics to analyze and monitor construction project contract and correspondence. *Automation in Construction*. 2019 Feb;98:265-74. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.018>
 24. Park GB, Jung YH, Ham NH, Kim JJ. A study of the using application program interface (API) for improving productivity in construction engineering. *Journal of KIBIM*. 2013 Sep;3(3):29-38. <https://doi.org/10.13161/kibim.2013.3.3.029>