

# 공공측량 성과심사 표본추출 자동화 기능성 분석

최 현\*<sup>ID</sup> · 진 철\*\* · 이정일\*\*\* · 김기홍\*\*\*\*<sup>ID</sup>

Choi, Hyun\*<sup>ID</sup>, Jin, Cheol\*\*, Lee, Jung Il\*\*\*, Kim, Gi Hong\*\*\*\*<sup>ID</sup>

## Automation of Sampling for Public Survey Performance Assessment

### ABSTRACT

The public survey performance review conducted by the Spatial Information Quality Management Institute is conducted at the screening rate in accordance with the regulations, and the examiner directly judges the overall trend of the submitted performance based on the extracted sample. However, the evaluation of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, the evaluation trustee shall be specified by random extraction (Random Collection) is specified by the sample. In this study, it analyzed the details of the actual site and analyzed through securing actual performance review data. In addition, we analyzed considerations according to various field conditions and studied ways to apply the public survey performance review sampling algorithm. Therefore, detailed sampling criteria analysis by performance reviewers is necessary. A relative comparison was made feasible by comparing the data for which the real performance evaluation was performed with the outcomes of the Python automation program. This automation program is expected to be employed as a foundation program for the automated application of public survey performance evaluation sampling in the future.

**Keywords :** Public survey performance review, Random extraction, Sampling algorithm, Python, Automation program

### 초록

공간정보품질관리원에서 수행되는 공공측량 성과심사는 규정에 따른 심사 비율로 수행하며, 추출된 표본을 기반으로 제출된 성과의 전체적인 경향을 심사자가 직접 판단한다. 그러나 국토지리정보원고시 '측량성과 심사수탁기관의 심사업무 및 지정절차 등에 관한 규정'에는 무작위 추출(Random Collection)이라 명시되어 있으나 공공측량 성과심사 표본추출은 심사 대상별로 심사자가 직접 판단으로 표본을 추출하고 있어 성과심사 표본추출의 공정성 확보가 필요하다. 본 연구에서는 실제 현장의 여건을 확인하고 실제 성과심사 데이터 확보를 통해 심사자들의 세부적인 기준을 분석하였다. 또한, 다양한 현장 여건에 따른 고려사항을 분석하여 공공측량 성과심사 표본추출 알고리즘 적용 방안에 대해 연구하였다. 따라서 성과심사자들의 세부적인 표본추출 기준 분석이 필요하다. 실제 성과심사가 완료된 데이터와 Python을 활용한 자동화 프로그램의 결과 비교를 통해 상대적으로 비교가능하도록 하였으며, 본 자동화 프로그램은 향후 공공측량 성과심사 표본추출의 자동화 적용을 위한 기반 프로그램으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

**검색어 :** 공공측량 성과심사, 무작위 추출, 표본추출 알고리즘, Python, 자동화 프로그램

## 1. 서론

'측량성과 심사수탁기관의 심사업무 및 지정절차 등에 관한

규정'에서는 공공측량시행자가 제출한 공공측량 성과 자료에 대하여 측량의 정확도를 심사하고 검증하는 행위를 공공측량 성과심사로 정의한다. 공공측량 성과심사는 표본추출 비율에 따라 제출한

\* 중신회원 · 교신저자 · 경남대학교 재난안전건설학과 교수 (Corresponding Author · Kyungnam University · [hchoi@kyungnam.ac.kr](mailto:hchoi@kyungnam.ac.kr))

\*\* 정희원 · 경남대학교 사회기반시스템공학과 박사과정 (Kyungnam University · [ebdjfl12@naver.com](mailto:ebdjfl12@naver.com))

\*\*\* 공간정보품질관리원 품질연구실 책임연구원 (Spatial Information Quality Management Service · [jilee@siqms.or.kr](mailto:jilee@siqms.or.kr))

\*\*\*\* 중신회원 · 강릉원주대학교 건설환경공학과 교수 (Gangneung-Wonju National University · [ghkim@gwnu.ac.kr](mailto:ghkim@gwnu.ac.kr))

Received November 2, 2023/ revised November 28, 2023/ accepted November 28, 2023

공공측량 성과에 대해 표본을 추출하고, 측량성과의 모든 경향을 반영할 수 있도록 무작위 추출(Random collection)을 실시하도록 규정하고 있다. 하지만 현재 공공측량 성과심사는 시행자가 제출한 성과에 대하여 현장의 다양한 여건과 성과 항목의 특수성을 고려하고 심사자의 전문성과 경험에 의존하여 표본을 추출하고 있다. 공공측량, 지적측량 적부심사 등에서 필요로 하는 성과심사는 최근 공간정보산업의 급속한 팽창으로 공정성과 객관성 마련에 대한 사회적 요구가 증가하고 있으며 관련 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

공공측량 성과심사에 관한 선행연구를 살펴보면 Kwon(2022)은 지하시설물측량 관련 규정 정비를 위하여 2009년 ‘공공측량 작업규정’ 제정 이후부터 최근까지의 개정 현황을 조사하였고, 작업계획서 분석을 통해 활용도가 높은 측량 장비, 방법, 측량성과를 확인 및 측량 분야 신기술 및 신장비를 활성화하고자 기술검토위원회 사전검토를 통해 ‘공공측량 작업규정의 특례’를 적용하도록 하였다. 또한 실시간 측량과 관련한 해소를 위해 시행자 및 수행자 설문조사, 심층 인터뷰 등을 통해 지하시설물측량 부분을 개정하였다. Kim et al.(2010)은 현행 공공측량 성과심사를 개략적으로 알아보고 현행 성과심사 비율을 개선하기 위해 심사 비율과 적합 확률, 심사 대상, 합격 비율로 표현하여 이들 요인이 성과심사 표집 비율에 미치는 영향을 분석하였다. Jung et al.(2019)는 공공측량 제도의 배경 및 목적을 고려하여 공공측량 중 지하시설물 측량이 차지하는 비중을 확인하였다. 또한 지하시설물 실측 방법 및 품셈의 한계를 파악하고 개선 방안을 연구하였다. Choi et al.(2023)는 현행 공공측량 성과심사의 현황을 분석하고, 판단추출법을 기본으로 지하시설물측량의 표본추출 개선 방안을 제시하며, 주요 내용을 살펴보면 공공측량 성과심사에서 차지하는 비중이 가장 높은 지하시설물을 기본으로 심사자의 전문적인 표본추출 고려사항을 분석하였다. 또한 자동화 표본추출을 위한 알고리즘을 작성하여 공정성 확보 방안을 마련하였다.

지하시설물 정보의 품질에 관한 연구를 살펴보면 Kim and Lee(2021)는 지하시설물 정보를 관리하는데 있어 안전하고 활발한 이용을 위한 사례들을 연구하였다. 연구를 위해 국내외 지하시설물 구축 현황을 조사하였고, 관련 선진사례들을 조사 분석하였다. Park et al.(2022)은 지하시설물 관리를 위한 품질등급 정보 정립 방안을 연구하였다. 이를 위해 현행 지하시설물관리 및 지하시설물과 관련된 법령 및 규정을 분석하였다. 또한 품질 등급의 활용성 제고를 위해 건설공사의 기준 및 연계성을 연구하였다. Kim et al.(2023)은 한국형 품질등급(K-SUE) 도입을 위한 방안을 연구하였다. 지하시설물 정보에 대한 품질 등급을 향상시키고 정보 이용자가 시설물에 대한 신뢰도를 확인할 수 있는 품질 등급을 도입 방안을 연구하였다.

기존 연구에서는 성과심사 방법 개선 및 심사비용 분석과 지하시설물도 품질등급에 관한 연구 등이 이루어졌으나, 성과심사에 대한 데이터가 축적이 되어 방대해질 경우 자료 수집, 저장, 분석 등이 어려울 수 있으며, 이에 대한 성과심사 표본추출방법 분석 및 자동화 표본추출 방법에 대한 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 현장의 다양한 여건을 반영하기 어려운 무작위 추출법보다 비확률 표본추출법인 판단추출법이 적합한 근거를 제시하고, 빅데이터 분석이 가능한 표본추출 자동화 프로그램인 Python으로 성과심사 표본추출 가능성에 대해 연구하고자 한다.

## 2. 연구방법 및 자료

### 2.1 연구방법

본 연구는 공공측량 성과심사의 표본추출 개선 방안을 분석하고, 심사자들의 세부적인 표본추출 기준들을 확인하여 자동화 방안을 마련하고자 하였다. Fig. 1을 살펴보면 첫 번째로 우선 공공측량 성과심사 관련 법과 제도를 분석하고 현행 표본추출 현황에 대해 분석하였다. 둘째, 심사자 면담을 통해 표본추출의 세부적인 표본추출 기준과 심사자의 판단을 배제할 수 없는 근거를 분석하였다. 셋째, 심사자들의 표본추출 고려사항을 반영하여 자동화 알고리즘 적용 방안을 마련하였다. 넷째, 심사자들의 표본추출 고려사항을 반영한 Python 자동화 프로그램으로 실제 심사자 판단추출 데이터와 비교분석 하였다. 마지막으로 연구의 결과를 요약하며 해당 연구의 한계점 및 추후 연구과제에 대해 제시한다.

### 2.2 연구표본선정

지하시설물 측량은 지하공간을 안전하게 개발하고, 체계적으로 관리하기 위하여 도로와 지표면 아래 매설된 시설물 및 구조물을 대상으로 조사 및 탐사 측량 등을 실시하고 도면 및 수치로 표현하여 데이터베이스로 구축하는 작업이다. 지하 관수로, 지하시설물 등 지표면 아래에 매설한 시설물 및 구조물의 위치 확인을 위한 측량으로써 지하매설물측량이라고도 한다. 최근 5년간 공공측량 성과심사 접수 현황을 분석하여 성과심사 분포를 확인하였다. Fig. 2를 살펴보면 지하시설물측량이 전체 심사 물량의 80% 이상을 차지하였으며, 자동화를 위한 많은 데이터 확보를 위해 자동화 프로그램의 표본으로 선정하고 연구하였다.

### 2.3 연구지역

Fig. 3는 본 연구의 연구 지역인 \*\*시의 지하시설물도 현장이다. 총 연장 129.54 km의 상수도 현장이며, 작업방법이 다양한 현장이다.

각 작업 방법 모두 표본이 추출되어 전체적인 경향을 나타내어야

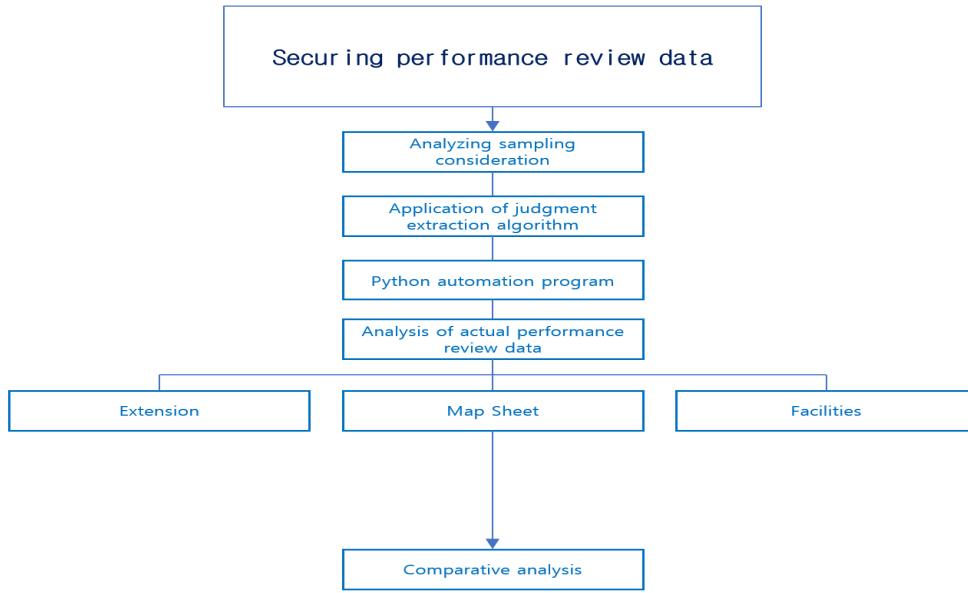


Fig. 1. Study Flow Chart

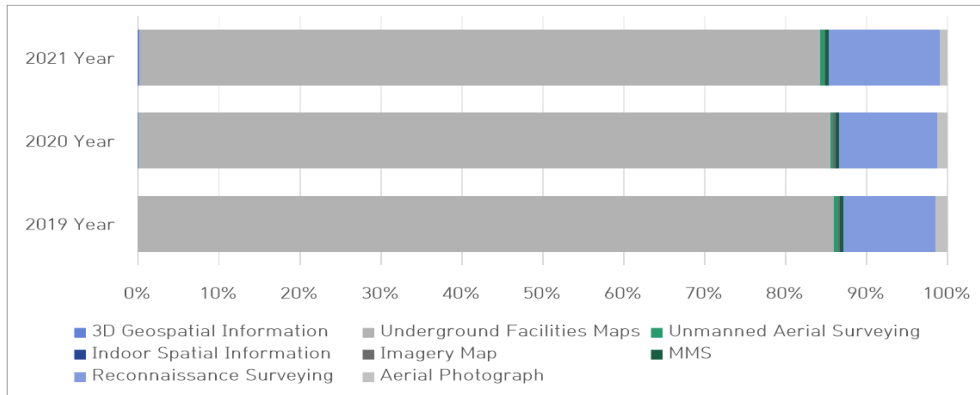


Fig. 2. Percentage Graph of Public Survey Types by Year

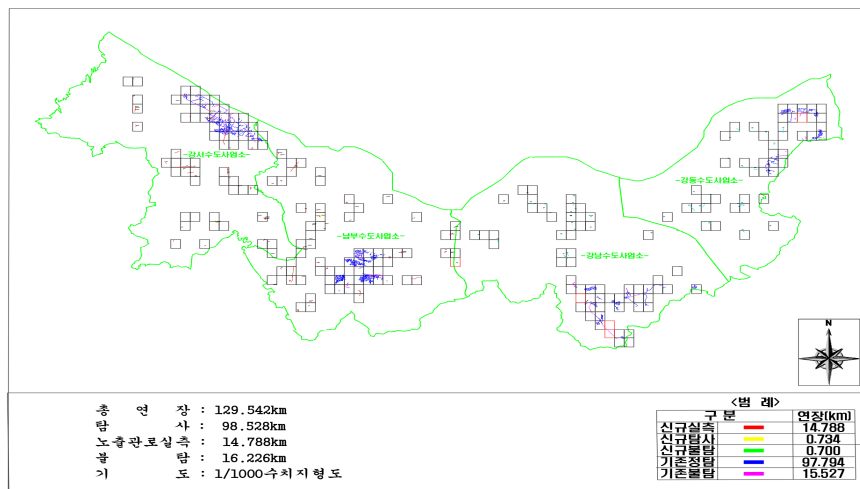


Fig. 3. Underground Facility Maps

하고, 심사비용에 따라 20%를 표본추출 하여야 한다. 신규실측, 신규탐사, 신규불탐, 기존정탐, 기존불탐 등의 다양한 작업방법으로 구성되어 있으며, 총 연장의 20%인 26.00 km를 표본추출 하였다.

**2.4 심사자 면담을 통한 표본추출 고려사항**

표본추출 방법은 심사자의 경험 및 전문성에 의존하여 판단추출로 표본을 추출하였다. 심사자 면담을 통해 표본추출의 세부적인 기준을 분석하였으며, 심사자의 판단을 배제할 수 없는 근거를 검토한 결과 심사자 면담에서 공공기준점 및 지하시설물 등 성과심사의 표본추출이 대부분 심사자의 판단추출로 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 항공사진과 관련된 성과심사의 경우 대부분이 부분적으로 자동화가 이루어지고 있으나, 면적과 지형지물, 하천 등을 고려해야 하는 1차적인 표본추출 과정에서는 불규칙한 지형의 특성을 모두 반영할 수 없는 무의 특성상 심사자의 개입을 완전히 배제하기는 어려움을 알 수 있었다. 지하시설물측량의 표본추출 고려사항은 Table 1과 같다. 주요 표본추출 고려사항은 넓은 지역을 표본추출을 하거나 다양한 작업 방법 및 수행기관이 있는 경우 지역에 비례하여 표본을 추출한다.

**Table 1.** Examiner's Detailed Criteria

Classification	Detailed criteria
Sampling target	Underground Facilities CAD INDEX
Sampling rate	Extract 20% of the total extension
Sampling method	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A total inspection is conducted for a total length of less than 1km.</li> <li>- If the screening area is wide, sampling is conducted in proportion to each area.</li> <li>- When various work methods are combined, the amount of examination shall be calculated in proportion to the work method.</li> <li>- If there are various performing institutions, sampling shall be conducted equally.</li> </ul>
Considerations	Areas lacking extensions and facilities shall be excluded at the judgment of the examiner.

지하시설물도 측량은 실내심사와 현장심사로 이루어지고 있다. 실내심사의 경우 연장과 시설물을 고려한 20%를 표본으로 추출하여 심사하며, 현장심사에서는 간선도로, 터널 등 현장환경을 고려하여 전체물량에서 2%를 추출한다. 시설물이 다양할 경우나 작업기관이 다수일 경우, 실측과 탐사가 병행된 현장인 경우 등 여러 가지 사항을 고려하여 심사자가 판단 후 추출한다. 특히 지하시설물 측량 현장심사의 경우 성과심사 지역의 안전 및 심사에 적합한 지역선정을 위해 심사자의 판단이 필요한 것으로 판단된다.

**2.5 Python 자동화 프로그램 알고리즘 구현**

성과심사 표본추출은 공정성 확보를 위한 무작위 추출과 성과심사 현장의 다양한 여건을 반영한 전문가적인 판단추출 모두 고려되어야 한다. 성과심사의 경우 효율적인 표본추출을 위해 심사자의 전문적인 지식과 다양한 현장 여건을 고려한 판단추출이 가장 적합한 표본추출 방법이나 자동화 프로그램을 활용해 전문가 개입을 최소화하여 표본추출의 공정한 심사결과를 기대할 수 있다. 본 연구에서는 심사자의 전문성을 반영한 자동화 알고리즘 방안으로 오픈소스인 Python을 활용하여 자동화 프로그램을 구현하였다. Fig. 4는 Python을 활용한 표본추출 주요 적용코드의 일부이다.

**3. 표본추출 및 비교분석**

**3.1 표본추출**

지하시설물측량의 공공측량 성과심사 제출성과는 CAD파일이고, Python 자동화 알고리즘을 활용하여 표본추출을 하기 위해, 속성정보를 자동화 프로그램에 맞게 수치화하여야 한다. 각 도엽들은 연장과 시설물에 대한 속성정보를 담고 있으며, 자동화 표본추출을 위해 속성들을 정리한 물량산정표가 필요하다. Table 2는 도엽의 속성정보를 작성한 물량산정표의 일부를 나타낸 것이다.

지하시설물도에서 속성정보를 기반으로 물량산정표로 작성하였으며, 작업방법별 및 시설물은 수량으로 작성하였다. 심사자의 표본추출 전문성을 반영하기 위해 연장과 시설물이 충분한 도엽들을 기준으로 표본을 추출하도록 구축하였으며, 연장과 관계없이

```

# 20% 적용
SelRate = Header_Sel * 0.2
|
df_Base = df
df_sel = pd.DataFrame()
df_sum = [0] * len(column_headers)
idx_sum = 0

for idx_name in Header_Sel.index:
    df_Sample = df_Base.dropna(subset = idx_name)
    for row in df_Sample.iterrows():
        df_tmp = df_Sample.sample(n=1, replace=False)
        df_sel = pd.concat([df_sel, df_tmp])
        df_Base = df_Base.drop(df_tmp.index[0], axis=0)
        df_Sample = df_Sample.drop(df_tmp.index[0], axis=0)
# 각각 합계 구하기

# 추출 후 식재할 데이터 프레임
# 추출 한 데이터 프레임

# 선택된 header 중 Nam 제거한 샘플

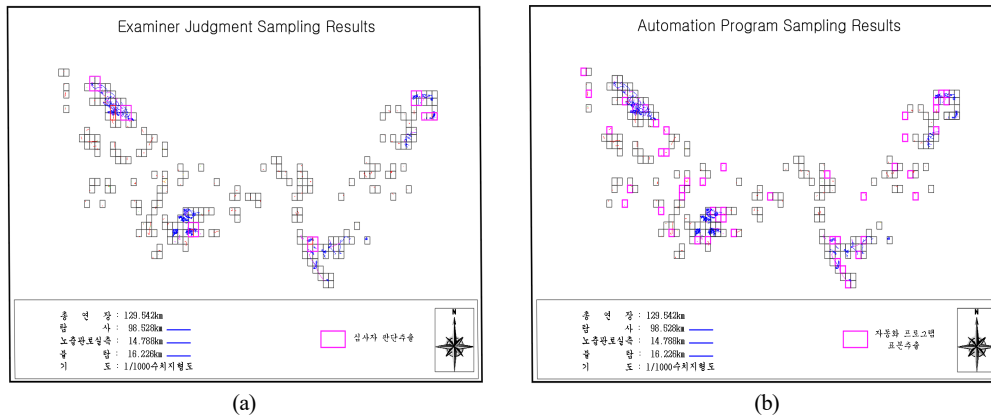
# 데이터 샘플 추출
# 추출 데이터 합치기
# 추출한 데이터 식재
    
```

**Fig. 4.** Python Automation Program Algorithm

**Table 2.** Calculation Table for Underground Facilities

(Unit : m)

Business area	Map sheet	Total length	Actual measurements	Exploration	Unknown foundations	Scouting	Existing unknown foundations	Facilities (EA)
Seoul A	202300001	168.30	168.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Seoul B	202300101	20.62	20.62	0.00	0.00	0.00	0.00	1
Seoul C	202300201	8.82	8.82	0.00	0.00	0.00	0.00	1
Seoul D	202300004	2035.35	0.00	0.00	0.00	1833.26	202.09	131



**Fig. 5.** Underground Facility Maps Sampling: (a) Examiner Judgment Sampling, (b) Automation Program Sampling

작업방법 모두 표본추출이 가능하도록 설정하였다.

하여 대표성 있는 지역을 선정하였다.

### 3.2 비교분석

지하시설물도 자동화 표본추출 프로그램은 규정에 명시된 표본 추출 비율에 따라 총연장의 20%를 표본추출하고 추출 결과가 부족할 경우 추가적인 표본추출이 될 수 있게 설정하였다. 본 연구에서 적용된 지하시설물측량 자동화 알고리즘은 연장이 충분하고 시설물이 많은 도엽이 우선적 추출이 되도록 구현되었다. Fig. 5는 심사자 판단으로 추출된 표본과 자동화 프로그램으로 추출한 표본을 비교하기 위한 지하시설물도이다.

Table 3은 성과심사자의 표본추출 고려사항 및 판단추출을 기반으로 자동화 표본추출된 데이터와 심사자 판단추출 데이터를 비교 분석하였다. 그 결과 심사자의 판단추출 방법과 같이 심사비율에 따른 표본추출 연장을 충족하였고, 시설물이 많은 지역을 표본추출

### 3.3 연구의 한계점

본 연구는 공공측량 성과심사 표본추출 시 심사자의 판단으로 표본을 추출하는 기준을 성과심사 자동화 표본추출 프로그램에 시범 적용하였다. 자동화 표본추출 프로그램으로 추출한 데이터와 실제 심사자 판단추출 데이터를 비교함으로써, 다음과 같은 한계점을 확인할 수 있었다. 먼저 심사자의 판단추출 고려사항 중 정성적인 부분에 관한 판단 모두를 자동화 프로그램으로 추출하기에는 어려움이 있었다. 그리고 실측과 탐사가 병행된 현장에서는 업무의 특성을 반영하여 고려하여 심사자가 판단 후 추출한다. 여기에서 지하시설물측량 현장심사의 경우 성과심사 지역의 안전 및 심사에 적합한 지역선정을 위해 심사자의 판단이 필요하므로 자동화 알고리즘의 한계를 나타내었다. 그리고 연장과 시설물을 고려해 표본추출을 20%로 하면 지엽적인 표본추출로 성과심사의 신속성 및 효율성에 대한 한계점을 확인하였다. 그리고 소수의 심사자가 아닌 많은 여러 전문가의 표본추출 데이터가 필요하다. 본 연구에서 개발된 지하시설물도 자동화 표본추출 프로그램은 심사의 특성상 충분한 데이터를 확보하지 못하여 심사자의 전문성을 충분히 반영하기에는 한계가 있었다. 추후 다양한 표본데이터가 충족된다면

**Table 3.** Analyzing Sampling Results

Classification	Extraction length(m)
Examiner judgment sampling	27,390
Automation program sampling	28,850


신뢰도가 높은 자동화 표본추출이 가능할 것으로 기대된다.


ORCID

#### 4. 결론

본 연구에서는 공공측량 성과심사 현장의 다양한 여건과 시간의 흐름에 따른 변화를 반영하기 어려운 무작위 추출법보다 심사자의 비확률 표본추출법인 판단추출법이 적합한 근거를 제시하고 Python을 활용한 표본추출 자동화 프로그램을 구축하여 공정하고 동일성 있는 성과심사 표본추출 방안을 제시하였다. 또한 실제 심사자 판단추출 데이터와 자동화 프로그램으로 추출된 데이터의 비교를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 성과심사자의 세부적인 표본추출 기준 분석을 통해 전체적인 성과를 반영하기 위한 판단추출법이 필요하였다. 다양한 현장의 여건과 전체적인 경향을 나타내기 위해서는 심사자의 전문성과 경험을 반영한 자동화 알고리즘으로 Python을 기반의 자동화 프로그램을 구현하였다.
- (2) 현행 표본추출 규정에 명시된 표본추출 비율 20%에 따라 추출하고 연장이 부족할 경우 추가적인 추출이 가능하도록 자동화 표본추출 프로그램을 설정한 결과 총 28,850 m이 표본으로 추출되었다. 심사자의 판단으로 추출된 연장은 27,390 m로 95.20%의 일치도를 나타내었다. 추후 심사자의 전문성을 반영한 효율적인 성과심사 표본추출을 위해 다양한 데이터를 확보하고 자동화 알고리즘 개선을 위한 검증 데이터의 추가확보로 자동화 알고리즘 개선에 대한 연구가 필요하다.
- (3) Python을 활용한 자동화 표본추출 결과 심사의 정확도를 높이고 공정성을 확보할 수 있다. 하지만 현장의 모든 여건을 반영하기 어렵고 심사자의 전문성을 표본추출에 반영할 수 있는 많은 데이터가 확보되어야 한다. 추후 머신러닝을 이용해 심사자의 경험 및 전문적인 지식을 자동화 프로그램에 반영할 수 있다면, 심사자가 직접 개입하지 않기 때문에 공정성을 의심받지 않는 효율적인 표본추출 방법이 될 수 있을 것으로 보인다.

Hyun Choi  <https://orcid.org/0000-0001-8527-1288>

Gi Hong Kim  <https://orcid.org/0000-0003-3280-5340>

#### References

- Choi, H., Kim, T. H. and Kim, T. W. (2023). "Application of excel to automate sampling for performance review of underground facilities." *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, JKSPC, Vol. 41, No. 4, pp. 273-280, <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2023.41.4.273> (in Korean).
- Jung, C. H., Kim, C. M., Kim, K. S. and Choi, Y. S. (2019). "Improvement on surveying performance evaluation for public surveying of underground facilities." *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, KAGIS, Vol. 22, No. 2, pp. 15-23, <https://doi.org/10.11108/kagis.2019.22.2.015> (in Korean).
- Kim, W. D., Kim, K. W. and Kim, T. H. (2023). "A study on quality level of underground facility for Korea." *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, KSGPC, Vol. 41, No. 3, pp. 135-143, <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2023.41.3.135> (in Korean).
- Kim, W. D. and Lee, K. W. (2021). "Case analysis study of quality control for improving information management of underground facilities." *Journal of the Korean Cartographic Association*, KCA, Vol. 21, No. 1, pp. 29-37, <https://doi.org/10.16879/jkca.2021.21.1.029> (in Korean).
- Kim, K. S., Lee, Y. M., Jung, B. C. and Choi, Y. S. (2010). "A study on the improvement of sampling rate of performance test in public survey." *Journal of the Korean Statistical Society*, KSS, Vol. 17, No. 6, pp. 853-863, <https://doi.org/10.5351/CKSS.2010.17.6.853> (in Korean).
- Kwon, J. S. (2022). "Public survey work regulations (underground facilities survey) revision." *Proceedings of 2022 KSGPC Conference*, KSGPC, Gangchon, Korea, pp. 19-20 (in Korean).
- Park, J. K., Kim, T. H. and Kim, W. D. (2022). "Revision of related regulations and construction standards for the use of information on underground facilities quality level." *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, KSGPC, Vol. 40, No. 4, pp. 343-350, <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2022.40.4.343> (in Korean).