「지적과 국토정보」 제46권 제1호 2016년 6월 pp. 3-21

장비에 따른 3차원 공간정보 품질향상 요인추출 및 집단 간 선호도에 관한 연구

A Study on the Preference by Groups and Quality Improvement Surveying of the Important Factor of 3D Spatial Information by Equipment

오민균* · 배상태** · 김태우*** · 이정일****

Oh, Min-Kyun · Bea, Sang-Tea · Kim, Tea-Woo · Lee, Jung-Il

초 록

본 연구에서는 공중 및 지상장비에 따른 3차원 공간정보 구축의 핵심요인을 분석하고 선호도 조사를 통하여 품질 향상 방안을 도출하였다. 이는 3차원 공간정보 구축을 위한 개별 기술 요소에 대하여 품질에 영향을 미치는 요인을 조사하고, 개선이 요구되는 우선순위를 파악하여 이에 대한 요인 평가 및 대안기술 개발과 적용 등의 자료로 활용하기 위함이다. 이를 위해 3차원 공간정보를 바라보는 집단 간 견해차의 선호도 조사를 통하여 공간정보 및 측량에 종사하는 전문가 집단과 일반적으로 3차원 공간정보를 경험한 비전문가 집단을 대상으로 동일성 유무를 계량적 기법에 의해 판단하였다.

주요어 공중장비, 지상장비, 3차원 공간정보, 선호도 조사

ABSTRACT

This study analyzes the key factors of 3D spatial information in accordance with the establishment of aerial and ground equipment fusion, and the quality improvement solutions are delivered from the preference survey. Furthermore, it investigates

* (주)신한항업 부설연구소 연구원(E-mail : stussy7@nate.com), 주저자.

** (주)신한항업 대표이사(E-mail : shas@shas.co.kr), 공동저자.

*** (주)신한항업 사업관리부 부장(E-mail : shinhan139@shas.co.kr), 공동저자.

**** (주)신한항업 부설연구소 책임원구원(E-mail : iji2000@hanmail.net), 공동저자.

the factors affecting the quality of the individual technical elements through the establishment of three-dimensional spatial information. It is for identifying the priority which needs to be improved, and this data will be used to identify the evaluation for factors, the technology development and its application. For this purpose, the presence or absence of equality is judged by the quantitative techniques through the preference survey of the gap between the experts of spatial information and survey and the general users who have experiences on 3D spatial information.

KEYWORDS Airborne Equipment, Ground Equipment, 3D Spatial Information, Preference survey

1. 서론

1.1. 연구 배경 및 목적

최근의 공간정보는 2차원 평면에서 높이값을 가시적으로 표현한 3차원으로 발전하여 서비스되고 있으며, 지도의 패러다임 또한 종이에서 수치로 수치에서 이미지 자료가 융합된 3차원 입체 정보로 변화하는 시대적 상황에 놓여 있다. 이러한 흐름 속에 다양한 공간정보 서비스를 제공하는 기관들에서는 상업적 용도 혹은 대국민 서비스 차원에서 3차원 공간정보를 구축하고 인터넷을 통하여 제공하고 있다.

현재까지 3차원 공간정보의 구축은 항공기를 이용하여 대상물을 촬영하고 저장한 뒤 이를 편집하는 형태로 진행되고 있으며, 위치정보를 얻기 위한 일련의 측위나 형상의 가시화 자료를 얻기 위한 방식으로 진행되고 있다. 3차원 공간정보는 정보통신의 발달과 다양한 디지털장비의 출현, 효율적인 모바일 도구의 등장으로 실세계를 현실감 있게 재현하는 수준으로 진화해 가고 있다. 융합기술의 한 형태인 3차원 공간정보 구축기술을 두 부분으로 나누어 보면, 크게 위치를 기반으로 형상의 골격(frame)을 생성하는 부분과 이미지를 기반으로 형상의 외관을 표현하는 부분으로 대별할 수 있다. 구조물의 골격을 이루는 프레임자료(이하 '모델링정보'라 한다)는 항공기를 이용하여 사진을 중복 촬영한 후 기하학적 관계를 정립한 입체 영상을 이용하여 얻을 수 있으며, 외관의 이미지 자료(이하 '가시화정보'라 한다)는 사진 상호 간 관계를 정립한 여러 장의 영상 중 해상도와 형태가 양호한 것을 취사선택하고, 이를 모델링정보에 텍스처링하여 하나의 객체모델을 생성하게 된다.

그러나 모델링정보를 생성하는 과정에서 위치 정확도를 저해하는 제반 요인들에 의해 실제 위치 값과의 편위가 발생할 수 있으며, 이는 성과의 신뢰도를 떨어드려 위치를 기반으로 하는 응용 산업 분야의 적용성 한계를 드

러낼 수 있다. 또한 가시화정보의 경우 공중에서 촬영하여 피사체의 전체 형상을 비교적 용이하게 취득할 수는 있으나, 수직카메라의 특성상 피사체 간 간격이 조밀하거나 기타 장애물에 의해 특정 영역에서 폐색이 발생할 수 있다. 더불어 항공기가 저고도 및 저속으로 비행할 수 있는 한계와 매체의 저장 속도, 카메라 성능의 한계 등으로 고품질의 해상도를 항공사진에 의해서만 얻는 것은 현실적으로 어렵다. 따라서 3차원 공간정보 구축 시 품질을 결정하는 핵심요인을 분석하고 집단 간 선호도 조사를 통하여 대국민 서비스를 개선할 수 있는 현실적 방안을 연구하고, 이를 통해 3차원 공간정보가 우리 사회 전반에서 정보화 도구의 기본 인프라로 역할을 충실히 수행할 수 있도록 객관적인 방법을 제시하는 것이 필요하다. 그런 면에서 본 연구는 공중 및 지상장비에 따른 3차원 공간정보의 제작 방안을 제시하고, 이와 함께 3차원 공간정보의 품질 향상 및 일반 사용자의 이용도를 높일 수 있는 방안을 도출해 내고자 하였다.

이를 위해 본 연구에서는 3차원 공간정보 구축을 위한 개별 기술 요소에 대하여 품질에 영향을 미치는 요인을 조사하고, 3차원 공간정보를 바라보는 집단 간 견해차가 있는지를 알아보기 위하여 공간정보 및 측량에 종사하는 전문가 집단과 일반적으로 3차원 공간정보를 경험한 공무원 및 이용자 집단 등을 대상으로 동일성 유무를 계량적 기법에 의해 판단하였다.

1.2. 선행 연구 고찰

3차원 공간정보 구축과 관련된 연구 사례로 김상봉(2011)은 「수치정사영상을 이용한 3차원 객체모델 알고리즘에 관한 연구」[1] 에서 수치정사 영상시스템의 특성과 상응벡터 알고리즘을 이용하여 3차원 객체모델을 구축하고 지상기준점과 대축척 수치지도를 이용하여 오차를 정량적으로 비교 분석하였으며, 정성적으로 기존의 3차원 국토공간정보의 객체모델과 비교하여 국내 시설물 환경에 맞는 수치정사영상 기반의 객체모델 알고리즘을 제시하였다.

이현직 등(2010)은 「수치사진측량 기법을 이용한 3차원 공간정보의 품질 분석」[2]에서 기존의 수직 디지털 항공사진카메라와 다각 디지털 항공사진카메라로 촬영된 디지털 항공사진영상을 이용하여 3차원 모델링 기법으로 구축된 성과의 품질을 분석하였다. 디지털 항공사진영상을 이용할 경우 촬영 시기가 동일한 3차원 공간정보의 구축이 가능하여 자료의 최신성 확보가 용이하며, 실감정사영상의 위치 정확도 분석 결과 1:1,000 수치지도의 수평위치 허용정확도보다 양호한 결과를 나타냈다.

조정관(2011)은 「3차원 지적의 건물모형 구축을 위한 공간자료 융합 연구」[3]에서 지상라

1) 김상봉(2011), 「수치정사영상을 이용한 3차원 객체모델 알고리즘에 관한 연구」, 명지대학교 대학원, 박사학위 논문.

2) 이현직 외 2인(2010), 「수치사진측량 기법을 이용한 3차원 공간정보의 품질 분석」, 한국지형공간정보학회지, 제18권 제4호, pp.141–149.

3) 조정관(2011), 「3차원지적의 건물모형 구축을 위한 공간자료 융합 연구」, 목포대학교 대학원 박사학위 논문.

이다, 항공라이다, 모바일 맵핑시스템, 지상사진측량, 다각 항공사진 측량으로 취득한 원시데이터를 광파거리측량에 의해 취득된 검사점의 좌표와 비교하여 원시 취득 데이터의 정확도를 평가하고, 지상라이다 및 항공라이다 데이터의 경우 자동화된 공정으로 3차원 건물모형을 생성하여 모형의 정확도를 토털스테이션으로 취득된 검사점의 좌표와 비교 검정하였다. 연구 결과 제시된 모형과 생성된 지형을 공간정보 시스템에 적용하여 다양한 플랫폼에서 건물모형 데이터를 구현할 수 있는 가능성을 확인하였다.

김재명(2012)은 「3차원 공간정보의 품질인증에 관한 연구」[4]에서 3차원 공간정보의 특성을 고려하여 품질인증을 위한 절차, 구성, 방법 및 기준을 마련하고 기구축된 3차원 공간정보를 대상으로 검정시험을 실시하여 실효성 있는 3차원 공간정보 품질 인증 방법 및 기준을 정립하였다.

Christian, F. (2004)은 「Automated texture mapping of 3D city models with blique aerial imagery」[5]에서 항공사진을 이용하여 3차원 공간정보를 텍스처링하기 위한 폐색영역과 영상해상도 등 3차원 공간정보의 품질 결정 요소에 대한 텍스처링 조합과 랜더링 기법을 연구하였다.

Volker, W.(2007)는 「Qqality control of 3D geospatial data」[6]에서 3차원 공간정보의 품질관리를 위하여 국제표준화기구에서 제시하는 지리정보 품질 요소의 일관성, 완전성, 이용가능성, 시간정확성 등을 평가 기준으로 자료유형과 이용계획에 따라 평가요소에 가중치와 허용 오차를 통해 품질을 결정하는 방법을 제시하였다.

품질관리를 위한 지리정보 표준의 적용과 절차적 방법론에 대한 내용의 접근은 선행 연구를 통해 다수 행해졌으나, 3차원 공간정보 구축의 핵심요인 분석이나 선호도 조사를 통한 이용률 향상 방안, 그리고 이를 뒷받침할 수 있는 계량적 통계분석에 대한 연구는 전무한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 이용률 향상을 위한 집단 간 선호도의 성향을 제시하고, 이를 지원하기 위한 향상 방안을 연구하고자 한다.

2. 3차원 공간정보 품질향상요인 조사

2.1. 조사 개요

먼저 3차원 공간정보의 품질 향상을 위한 분석 방법으로 통계적 자료수집 방법 중 목록작성법(Descriptive Inventories)[7]을 적용하였다. 이를 바탕으로 3차원 공간정보에 영향을 미치는 요인들의 목록을 작성하고, 작성된 목록을 종합해 조사대상을 추출해 내는 방식을 택했다.

4) 김재명(2012), 「3차원 공간정보의 품질인증에 관한 연구」, 서울시립대학교 대학원 박사학위 논문.

5) Christian, F.(2004), 「Automated texture mapping of 3D city models with oblique aerial imagery」, 3dpvt, pp. 396–403.

6) Volker, W.(2007), 「Qqality control of 3D geospatial data」, http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo07/360Walter.pdf.

7) 이정일(2008), 「RFID 기반기준점 형태 및 제공정보 관련 선호도 연구」, 한국국토정보공사 공간정보연구원, 지적과 국토정보, 제38권 제1호, pp.195–212.

3차원 공간정보의 품질과 관련된 요인 선정 방법은 실증적 구축 실험을 통해 얻어진 기술적 경험을 바탕으로 다수의 요인을 추출하는 것이다. 이와 함께 문헌 등에서 3차원 공간정보 구축과 관련하여 빈도가 높은 중요 사항을 조사·분석하고, 이 중 본 연구의 목적과 일치하는 요인을 분석하였다. 또한 이를 기반으로 요인의 개별적 성향 파악과 요인별로 3차원 공간정보 구축에 미치는 영향의 정도를 서열화하여 조사지를 작성하고, 이를 설문조사하여 연구의 이해도를 높이는 방식으로 연구를 수행하였다.

2.1. 조사 방법 및 내용

먼저 3차원 공간정보를 바라보는 전문가 집단과 비전문가 집단의 견해차를 알아보기 위하여 두 표본 집단을 구분할 수 있는 항목을 적용하여 조사를 실시하였다. 본 연구가 3차원 공간정보를 지상과 공중 장비로 나누어 구축하고 최적의 모형을 도출하기 위한 것이므로, 평가항목을 이원화하고 이에 대한 세부적 내용을 평가하는 형식을 취했다. 〈표 1〉과 같이 3차원 공간정보의 품질에 영향을 미치는 요인으로 가시성과 세밀도, 위치정확도 등이 고려되어야 한다는 것을 실제 구축을 통해 알 수 있었다. 가시성과 관련된 내용은 3차원 공간정보 구축 기술에서 가시화정보와 관련된 부분으로 공중장비의 경우 하늘에서 촬영한 사진과 관련이 있으며, 지상장비의 경우도 지상 촬영 사진과의 관계가 가장 중요한 부분이라 할 수 있다. [그림 1]은 공중장비에 속하는 항공기와 항공디지털카메라를 나타내고 있으며, [그림 2]는 지상장비에 속하는 토탈스테이션, GPS, 지상라이다, 카메라를 나타내고 있다.

세밀도의 경우는 모델링정보의 표현정도와 관련이 있다. 공중장비는 수치사진측량에 의

〈표 1〉 3차원 공간정보 구축에 영향을 미치는 요인

구분	평가 대상	설문 내용
장비 간 비교 및 융합	장비 상호 간 융합	공간정보 데이터 취득을 위한 공중장비와 지상장비 융합이 품질에 미치는 영향
	3차원 공간정보 구축의 장비 적합성	공중장비와 지상장비 중 3차원 공간정보 구축에 적합한 방법
	위치정확도 적합성	공중장비와 지상장비 중 위치정확도가 높을 것으로 보이는 방법
장비별 가시화 및 모델링 특성 분석	가시화 정도	개별 장비로 취득된 3차원 데이터에 대한 디스플레이 정도와 파일포맷에 따른 호환성의 정도
	모델링 정도	개별 장비의 모델링 품질
활용 및 서열화	활용 분야	3차원 공간정보의 활용 및 응용 분야
	요소별 서열화	가시화정보, 모델링정보, 위치정확도, 수치표고모델, 실감정사영상 순위 결정

[그림 1] 3차원 공간정보 구축을 위한 공중장비

[그림 2] 3차원 공간정보 구축을 위한 지상장비

한 성과와 표현의 정도에 따라 평가가 달라질 수 있으며, 지상장비에 의한 방법에서는 GPS, TS, 지상라이다 성과의 취득 정도에 따라 품질이 달라질 수 있다.

위치정확도에서 공중장비의 경우는 모델링정보의 위치정확도를 평가하는 방식으로 분석이 가능하며, 지상장비의 경우 지상측량 장비를 이용하여 구축된 모델링정보의 위치정확도를 타 측량 장비를 이용하여 얻은 동일 위치의 결과치와 상호 비교 분석하여 평가할 수 있다.

마지막으로 활용성 부분에서는 정확도와 세밀도, 가시성을 종합하여 품질에 따라 이용 가능한 응용 분야가 결정될 수 있다. 더불어 활용성은 3차원 공간정보 구축 후 관리 차원에서 어떠한 방식으로 접근하느냐에 따라 공중 및 지상장비의 활용 여부가 결정될 수 있다.

3. 조사 결과 분석

3.1. 응답자 특성

설문 대상자는 공간정보(측량 포함) 분야에 종사하는 생산자로서의 전문가 집단과 3차원 공간정보를 한 번이라도 경험해 본 이용자로서의 비전문가 집단을 대조군으로 선정하여 조사[8]를 수행하였다.

〈표 2〉에서 보는 바와 같이 100명을 표본으로 추출하였으며, 이 중 50%는 공간정보 분야 종사자이고, 나머지 50%는 일반 이용자인 비전문가이다.

비전문가 집단의 설문에서는 관련 용어와 개념에 대한 내용의 이해도를 높이기 위해 설명자료(삽화 및 슬라이드)를 함께 제공했다.

조사 대상 집단을 이원화하여 대조군으로 설계한 목적은 3차원 공간정보를 전문적으로 다루는 생산자 집단과, 이를 사용하는 이용자 집단의 관점이 다를 수 있다는 것을 규명하려는 데 있다. 마찬가지로 3차원 공간정보의 품질을 바라보는 두 집단의 관점이 상이하다는 점에

8) 이정일(2008), 전게논문, p.204.

근거하여, 어떠한 방식으로 품질을 개선하고 이용률을 향상시킬 수 있을 것인가에 대해서도 살펴보고자 한다.

〈표 2〉 설문 집단 표본 수

구분	표본수(인)	백분율(%)
전문가 집단	50	50
비전문가 집단	50	50
계	100	100%

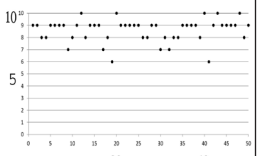
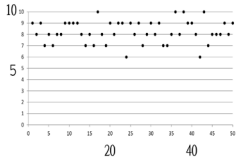
3.2. 장비 간 비교 및 융합

장비 상호 간 융합의 선호도 특성은 전문가 집단과 비전문가 집단에서 공중장비와 지상장비가 융합된 형태로 3차원 공간정보가 구축되기를 원하는 것으로 조사 결과 나타났다.

본 항목에 대한 질문의 경우 계량적 평가가 필요하다. 따라서 이를 부정과 긍정으로 표준점수화하여 응답할 수 있도록 리커트척도를 바탕으로 조사지를 설계했으며, 0~10점까지로 구분하여 점수가 높을수록 긍정도가 높은 것으로 정의하였다. 공중장비와 지상장비가 융합된 형태로 3차원 공간정보가 구축된다면 품질 향상에 어떤 영향을 미칠 것인지를 묻는 질문에 〈표 3〉과 같은 결과가 나왔다.

조사 결과 공간정보와 관련하여 전문성을 가진 집단에서나 일반적으로 이를 사용하는 집단 모두 현재의 3차원 공간정보의 품질 향상 방안으로 공중 및 지상장비를 상호 융합해야 한다는 점에 공감한다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 본 연구에서는 융합형 3차원 공간정보 구축에 대한 대조군 간의 선호도 차이가 있는지를 분석하여 연구에 반영하였다. 모분산은 알려져 있지 않으나 표본크기가 30이상이므로 정규근사를 이용하여 두 집단의 차이를 가설검정하는 통계적 기법을 적용했다. 전문가 집단 평균이 8.58, 표준편차가 0.93이었으며, 비전문가 집단의 평균이 8.24, 표준편차가 0.98이었다. 이를 95% 신뢰 수준에서 평가하였을 때, 〈표 4〉와 같은 결과를 얻을 수 있었다.[9)]

〈표 3〉 대조군의 융합 선호도 기술통계

전문가 집단		비전문가 집단	
			
평균	8.58	평균	8.24
표준편차	0.93	표준편차	0.98
범위	4	범위	4
최솟값	6	최솟값	6
최댓값	10	최댓값	10
합	429	합	412
관측수	50	관측수	50

9) 이정일(2008), 전게논문, p.205.

〈표 4〉 선호도의 동일성 여부 검정

구 분	내 용	비 고
가설설정	$H_0 : \mu_X - \mu_Y = 0$ $H_1 : \mu_X - \mu_Y \neq 0$	양측검정
검정통계량 결정	$Z_0 = \frac{\overline{X} - \overline{Y}}{S_p\sqrt{\frac{1}{m}+\frac{1}{n}}}$	정규근사 이용
임계값 결정	$0.05 = P(\lvert Z_0 \rvert \geq 1.96)$	유의수준 5%
검정통계량 결과	∴1.78	검정통계량 결정식 이용
의사 결정	–1.96 〈 1.78〈 1.96	H_0 를 기각 못함

가설검정 결과 귀무가설을 기각할 수 없었다. 이를 통해 전문가 집단과 비전문가 집단은 모두 융합형 3차원 공간정보가 품질을 향상시킬 것이라고 판단하고 있음을 알 수 있었다. 본 조사 결과를 토대로 분석해 볼 때 실질적으로 3차원 공간정보를 생산 또는 이용해 본 사람은 융합형 3차원 공간정보에 대해 긍정적으로 평가했음을 알 수 있다. 또한 두 집단 모두 추후 공중 및 지상장비에 의한 고품질의 융합형 3차원 공간정보가 구축되기를 동일한 수준으로 선호한다고 해석된다.

본 연구는 현재의 3차원 공간정보가 공중장비에 의해서만 구축되었기 때문에 3차원 공간정보의 품질에 대한 만족도가 떨어진다는 점에서부터 출발하였으며, 이를 극복하기 위한 대안으로 공중 및 지상장비 융합이라는 방안을 제시하고 있다.

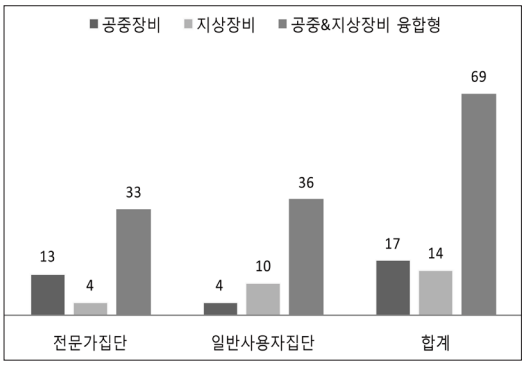
이를 위한 조사로 3차원 공간정보 구축 시 “공중장비에 의한 방법과 지상장비에 의한 방법 중 어떤 것이 적합하냐”는 질문에 전문가 집단의 66%가 공중 및 지상장비를 동시에 사용하여 구축하는 것이 양질의 성과를 낼 수 있을 것이라고 답했다. 또한 비전문가의 경우도 약간의 차이는 있으나, 두 장비를 융합한 형태의 3차원 공간정보 구축 방식을 선호하는 것으로 조사되었다. 그리고 전체 응답자 100명 중 69명이 융합 장비를 활용하면 3차원 공간정보의 품질을 향상시킬 수 있을 것이라고 답해, 융합 장비를 활용한 새로운 생산 방식이 필요하다는 사실에 대해 공통적으로 인식하고 있음을 알 수 있었다.

이와 함께 공중장비만으로 3차원 공간정보를 구축하는 것이 바람직하다고 응답한 인원은 총 17명이었으며, 그 이유를 묻는 질문에 17명 중 6명이 넓은 면적을 짧은 시간에 처리할 수 있다는 효율성을 높게 평가하였다. 이 밖에도 다양한 각도의 영상을 취득할 수 있기 때문이라는 응답도 4명으로 조사되었으며,

옥상면(이하 '상단면'이라고 함)과 같이 사람이 접근할 수 없는 곳의 영상도 확보할 수 있기 때문이라는 응답 또한 다수가 존재했다.

그 외에 입체 영상에 의한 모델링이 가능하다고 답한 응답자와 정사영상의 기초 자료를 얻을 수 있다는 의견을 제시한 응답자도 있었다.

다음으로 [그림 3]과 같이 지상장비만으로 3차원 공간정보를 구축하는 것이 바람직하다고 답한 응답자는 총 14명이었다. 그중 고해상도의 영상을 취득할 수 있다는 장점 때문이라고 답한 사람이 6명으로 가장 많았으며, 지상장비가 공중장비에 비해 간단히 구축할 수 있기 때문이라고 답한 사람이 뒤를 이었다.



[그림 3] 장비의 적합성 평가

이 밖에 다수 응답으로는 부분 수정이 요구되는 협소한 지역의 자료 취득이 용이하다는 점 등이 있었다. 공중장비와 지상장비 상호 융합이라고 응답한 이유로는 공중장비와 지상장비의 장점만을 취하는 것에 대한 내용이 가장 많았다. 이는 공간정보 분야에 종사하는 전문가 집단의 의견이 다수 반영된 것으로 공중장비의 장점과 단점을 파악하고 있는 상황에서 지상장비가 겸용으로 이용될 경우 공중장비의 취약점을 보완할 수 있어 품질을 향상시킬 수 있다는 의견이 반영된 결과라 할 수 있다. 응답자 69명 중 20명이 상호 보완성에 대한 부분을 선택 이유로 답했으며, 이는 상술한 두 방법의 장점에서 접근불능지역의 영상 취득이나 모델링 자료 취득의 효율성 및 편리성 등에 기인한 것으로 보인다. 고해상도의 이미지 텍스처가 가능하다는 응답은 15명으로 그 뒤를 이었다.

3차원 공간정보의 경우 측량 장비에 의해 구축되는 만큼 위치정확도가 매우 중요하다. 일반적으로 입체모델링은 기초를 측량에 두고 구축하느냐 디자인을 강조하여 구축하느냐에 따라 방법이 달라지며 성과 또한 매우 다르다.

본 연구는 측량을 기초로 구축된 3차원 공간정보를 연구하기 때문에, 정확도를 어느 정도까지 확보할 수 있는가에 대해 객관적으로 평가해야 한다. 물론 설문조사를 통해 정확도를 계량적으로 평가할 수는 없다. 그렇지만 의식 조사와 실제가 어떤 관계인지를 규명하는 것 또한 의미 있는 연구라고 할 수 있다. 이를 규명하게 되면 통상적인 상식으로 정확도의 높·낮이를 추정할 필요가 없어지기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 공중장비와 지상장비에 의해 구축된 3차원 공간정보의 위치정확도를 평가하기 위한 설문조사를 실시하였다. 그 결과는 〈표 5〉에서 보는 바와 같다.

위치정확도 평가에 대한 응답을 분석해 보면, 대조군의 견해차가 크다는 것을 객관적으로 알 수 있다. 공간정보 분야에 종사하는 전문가 집단의 경우 공중장비에 의한 항공사진 측량의 정확도를 어느 정도 인지하고 있어 지

〈표 5〉 대조군 간 위치정확도 평가

(단위: 명)

구분	표본 수	공중 장비	지상 장비	동일
전문가 집단	50	14	17	19
비전문가 집단	50	5	36	9
계	100	29	53	28

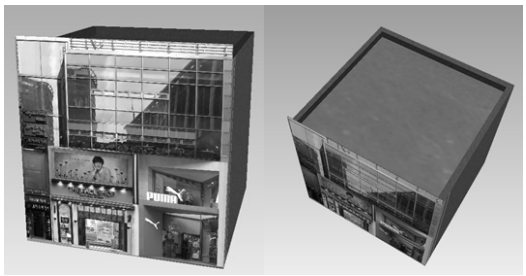
상장비와 비슷한 비율로 공중장비도 정확도가 높을 것이라고 응답하였다. 그러나 이와 달리 비전문가 집단의 경우 공중장비에 의한 정확도를 신뢰하지 못하는 것으로 조사되었다.

3.3. 가시화 및 모델링 특성 분석

가시화정보는 객체 건물의 입면자료로 활용되는 부분으로 본 연구에서는 공중장비와 지상장비를 독립된 항목으로 설정하고 설문을 실시하였다. 가시화정보의 경우 다양한 형태로 표현될 수 있다. 예를 들어 실제 건축물을 보고 이를 스케치한 후 색상 및 재질 등을 랜더링하여 재현하는 방법과, 실물을 촬영하여 이를 벽면에 붙이는 방법 등 다양한 형태의 가시화정보 구축 기술이 현재 소개되어 있는 상태이다.

본 연구에서는 실제 건물 및 구조물의 사진을 촬영하여 가시화정보로 이용하는 경우를 예로 상정하였으며, 이를 바탕으로 설문조사를 실시하였다.

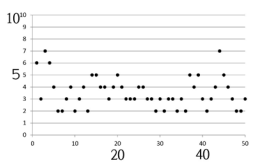
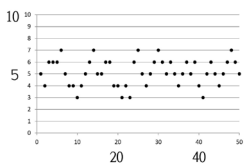
다음의 [그림 4]는 지상장비에 의한 실제 건물의 가시화정보를 나타낸다.



[그림 4] 지상장비에 의한 가시화정보

먼저 “공중장비만을 이용하여 3차원 공간정보를 구축할 경우 가시화정보의 품질에는 어떤 영향을 미칠 것으로 생각하느냐”는 질문에 〈표 6〉과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

〈표 6〉 공중장비의 가시화정보 평가 통계치

전문가 집단		비전문가 집단	
			
평균	3.54	평균	5.12
표준편차	1.30	표준편차	1.12
범위	5	범위	4
최솟값	2	최솟값	3
최댓값	7	최댓값	7
합	177	합	256
관측수	50	관측수	50

설문조사 결과 두 집단 모두 공중장비 단독의 가시화정보는 3차원 공간정보의 품질에 부정적 영향을 미칠 것이라고 응답했다. 또한 비전

문가 집단에 비해 전문가 집단에서 이를 부정적으로 보는 견해가 더 강함을 알 수 있었다. 전문가 집단과 비전문가 집단의 부정적 견해의 정도에 대한 동일성 유무를 통계적 기법을 적용하여 분석해 본 결과, 귀무가설이 기각되었다. 이는 부정적인 견해는 같으나 비전문가 집단의 부정적 견해와 전문가 집단의 부정적 견해의 정도는 다르다는 것을 의미하며, 이에 따라 전문가 집단이 이를 더 심각한 상태로 보고 있다는 것으로 해석할 수 있다. 공중장비에 의한 가시화정보 취득을 부정적으로 보는 이유가 무엇인가에 대한 연결 질문에서는 공중장비 단독으로는 세밀한 가시화정보 취득이 곤란할 것이라는 의견과 영상을 확보하는 데 물리적 한계성을 가지고 있을 것이라는 의견이 높게 나타났다. 이와 함께 주거 밀집 지역의 건물 측면과 하단부의 영상 확보 및 처리에 문제가 될 수 있다는 의견 또한 다수 존재하였다. 다음으로 공중장비와 동일한 형식으로 “지상장비만을 이용하여 3차원 공간정보를 구축할 경우 가시화정보의 품질에는 어떤 영향을 미칠 것으로 생각하느냐”는 질문에 〈표 7〉과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

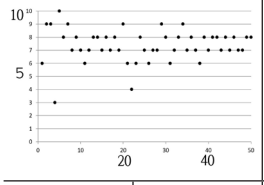
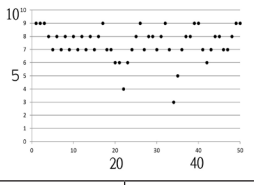
두 대조군 모두에서 지상장비에 의한 가시화정보 취득에 대해서는 긍정적 반응을 나타냈다. 이는 지상장비의 공간해상도를 전문가 집단과 비전문가 집단 모두 높게 평가하고 있음을 나타내는 조사결과로, 이에 대한 대조군의 동일성 유무를 통계적 검정 방법을 이용하여 규명하였다.

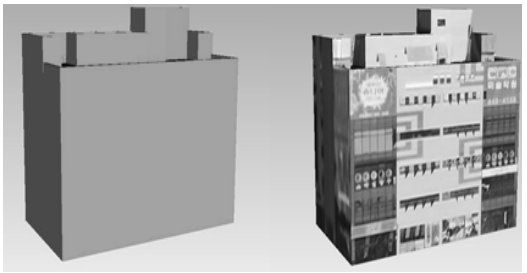
검정통계량 결정은 정규근사를 이용하여 진행했으며, 결과는 귀무가설을 기각할 수 없어 두 대조군이 통계적으로 동일한 수준에서 지상장비의 품질을 평가하고 있음을 알 수 있었다. 지상장비만에 의한 가시화정보 취득을 부정적으로 보는 이유에 대한 연결 질문에는 지상장비에 의해 취득 가능한 3차원 공간의 한계성을 가장 많이 지적했으며, 다음으로 공중장비에 비해 신속성과 경제성을 극복하기 어려울 것이라는 의견이 높게 나타났다.

모델링정보는 객체건물의 뼈대인 프레임을 표현한 자료로 3차원 공간정보의 근간을 이루는 부분 중 하나이다. [그림 5]와 같이 3차원 공간정보 구축에 있어 모델링정보를 만들어 내는 방법은 다양한 형태로 개발되어 있으며, 기본적으로 위치에 대한 정량적 정보를 기초로 하고 있다.

모델링정보의 구축은 공중장비와 지상장비 모두 가능하다. 먼저 공중장비만을 이용해 모

〈표 7〉 지상장비의 가시화정보 평가 통계치

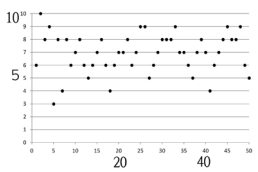
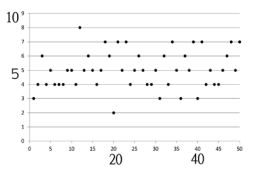
전문가 집단		비전문가 집단	
			
평균	7.36	평균	7.46
표준편차	1.24	표준편차	1.26
범위	7	범위	6
최솟값	3	최솟값	3
최댓값	10	최댓값	9
합	368	합	373
관측수	50	관측수	50



[그림 5] 모델링정보(좌)와 가시화정보(우)

델링정보를 구축했을 때의 긍정도를 리커트척도에 의해 평가하였다. 응답자의 반응은 〈표 8〉과 같다.

〈표 8〉 공중장비의 모델링정보 평가 통계치

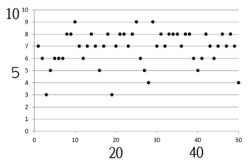
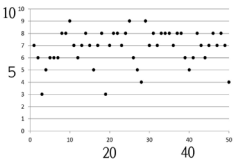
전문가 집단		비전문가 집단	
			
평균	6.92	평균	5.02
표준편차	1.54	표준편차	1.33
범위	7	범위	6
최솟값	3	최솟값	2
최댓값	10	최댓값	8
합	346	합	251
관측수	50	관측수	50

모델링정보를 공중장비에만 의존하여 구축할 경우에 대하여 전문가 집단은 긍정적 반응을 보였으며, 비전문가 집단에서는 부정적 반응이 나타나는 경향을 보였다. 본 연구를 통해 알 수 있는 사항 중 하나는 대조군 내에서도 분산의 정도가 커 집단 내에서도 견해차가 있다는 것이다. 두 집단 간에 이와 같은 견해차가 발생하는 이유를 분석해 보면, 모델링정보 구축 시 전문가 집단에서는 항공사진측량의 정확도에 대한 내용을 인지하고 있는 집단과 그렇지 못한 집단의 의견차가 반영된 것으로 분석해 볼 수 있으며, 비전문가 집단에서는 항공사진측량의 정확도에 대한 내용과 신뢰도가 그리 높지 않을 것이라는 생각을 가진 것으로 유추 해석해 볼 수 있다. 모델링정보 분석에서도 예외 없이 상호 대조군의 동일성 유무를 판별할 수 있는 통계기법을 적용하여 검정해 보았으며, 그 결과는 귀무가설을 기각하여 통계적으로 유의수준 이내에서 동일하지 않음을 알 수 있었다.

다음으로 "지상장비만을 이용하여 3차원 공간정보를 구축할 경우 모델링정보의 품질에 어떤 영향을 미칠 것으로 생각하느냐"라는 질문에 대해서는 전문가 집단과 비전문가 집단 모두 품질 확보가 가능할 것으로 내다보았다. 이에 대한 내용은 〈표 9〉와 같다.

지상장비에 의한 모델링정보의 취득은 지상측량장비인 토털스테이션이나 GPS측량 장비 등을 주로 이용한다. 최근 지상라이다에 의한 모델링의 저변이 확대되고는 있으나, 아직까지는 단일 건물의 정교한 현황을 파악하기 위한 수단으로만 이용되고 있다. 결국 지상장비에 의한 모델링정보의 취득은 공간정보를 전체적으로 담는 지도서비스 기반의 산업에서는 신속성과 경제성 등의 문제로 실용화된 성과는

〈표 9〉 지상장비의 모델링정보 평가 통계치

전문가 집단		비전문가 집단	
			
평균	6.76	평균	6.82
표준편차	1.49	표준편차	1.44
범위	7	범위	6
최솟값	3	최솟값	3
최댓값	10	최댓값	9
합	338	합	341
관측수	50	관측수	50

내지 못하고 있는 상황인 것이다. 지상장비에 의한 모델링정보 구축에 있어 전문가 집단과 비전문가 집단의 동일성을 분석한 결과는 귀무가설을 기각할 수 없어 통계적으로 유의수준 이내에서 동일함을 알 수 있었다.

3.4. 활용 및 서열화

3차원 공간정보는 현재 다양한 매체에서 온·오프라인을 통해 제공되고 있다. 앞으로의 사회는 공간정보를 고도로 이용하고 이를 표현할 수 있는 정도에 따라 제공정보의 위상이 결정될 것으로 보인다. 그중에서도 3차원정보는 현재의 공간정보기술을 다양한 분야에서 활용 가능하게 할 것으로 기대된다. 그러나 현재까지의 현실은 기술이 초기단계를 넘어 발전단계로 향하는 과도기적 시점인 탓에 많은 양의 정보를 3차원 공간정보상에 담아내는 응용보다는 그 자체를 서비스하는 수준에 머물러 있다. 현재의 3차원 공간정보가 현황파악 정도의 서비스에 적합하다면, 차세대 3차원 공간정보는 보다 의미 있는 정보를 서비스하도록 진화해 나가야 한다. 다시 말해 앞으로의 3차원 공간정보는 의미 있는 정보를 제공하는데 초점을 맞추고, 사용자가 필요로 하는 분석적 모듈이나 활용성이 전제된 형태로 발전해야 한다는 것이다. 그러므로 3차원 공간정보가 잠재적으로 어떤 응용 분야에 활용될 수 있는지를 파악하는 것이 중요하다. 3차원 공간정보의 응용 분야를 파악하면 품질을 어느 정도 수준으로 생산해야 하는지를 결정할 수 있기 때문에 응답자의 미래 지향적 사고에 대한 조사는 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다.

이러한 이유로 본 조사에서는 공간정보 분야 종사자와 비전문가를 대상으로 본 기술의 활용 및 응용 분야에 대한 설문조사를 실시하였다. 이에 대한 결과는 〈표 10〉과 같이 나타났다.

응용 및 활용에 대한 조사는 대조군 구분 없이 응답한 내용을 나열한 후 이를 다시 성격에 따라 재분류하였다. 나열된 응용 및 활용 분야는 총 30여 개였으며, 이를 성격이 유사한 사항별로 분류하여 정리하였다. 분류 결과 부동산과 관련된 성격의 소분류 집단, 예를 들어 이동 및 주거, 입지분석 등이 가장 높은 20%의 비율로 나타났으며, 도시계획 차원의 토지이용, 도시관리, 사생활 등이 그 뒤를 이었다. 이와 함께 시설관리 및 안전과 같은 응용 분야에 활용할 수 있다는 응답이 다수였다. 따라서 현행의 3차원 공간정보에서 수

〈표 10〉 3차원 공간정보의 응용 및 활용 분야

응용 및 활용 분야			비율 (%)
대분류	중분류	소분류	
관리	안전	시설물안전	15
		재난관리	
		소방방재	
		구호	
	시설관리	BIM	17
		기반시설관리	
		시뮬레이션	
		노후시설물관리	
	도시계획	조망권 분석	19
		토지이용	
		재개발 재건축	
		일조권	
		교통영향평가	
		사생활	
		도시관리	
		각종 공부 역할	
생활	관광	문화재	12
		쇼핑	
		관광지	
	환경	에너지관리	11
		환경영향평가	
		도시병리현상	
		생활환경개선	
	부동산	유통	20
		세금징수	
		상권분석	
		입지분석	
		이동 및 주거	
	규제	인허가	6
		불법건축물 단속	
합계	7(30)		100

요가 높은 활용 분야에 초점을 맞추어 자료의 품질을 향상시킬 필요가 있다. 특히 도시계획이나 시설관리 등 세밀한 정보를 포함해야 하는 응용 분야에까지 적용할 수 있도록 품질에 대한 기준안을 마련하고, 이에 따라 3차원 공간정보를 구축할 필요가 있다.

품질에 영향을 미치는 요인들을 서열화하기 위하여 구축 실험 및 목록화 과정에서 도출된 품질향상 요인을 추출해 본 결과, 가시화정보, 모델링정보, 위치정확도, 수치표고모델, 실감정사영상 등이 중요 요인으로 부각되었다. 이는 3차원 공간정보 요소 중 어떤 것도 중요도가 떨어지지 않는다는 사실을 의미하며, 그러므로 이를 모두 고려한 3차원 공간정보가 생성되어야 사용자의 만족도를 높일 수 있을 것으로 보인다. 이와 관련하여 공간정보 구축 시 우선시되어야 할 요인을 서열화해달라고 요청했으며, 그 결과는 〈표 11〉과 같다.

〈표 11〉 대조군 간 요인별 우선순위

요 인	순위 평균	
	전문가 집단	비전문가 집단
위치정확도	1.21	3.08
가시화정보	2.59	1.69
모델링정보	3.19	2.86
수치표고모델	3.88	3.21
실감정사영상	4.12	4.16

그러나 위와 같은 요소들 중에서도 3차원 공간정보의 품질에 더 많은 영향을 미치는 것이 있다. 그러므로 우선순위가 높은 요소를 선택하고, 해당 요소에 더 집중해야만 효과적인 품질 향상을 기대할 수 있을 것이다.

따라서 이와 관련된 3차원 서열화 결과 전문가 집단과 비전문가 집단에서 바라보는 3차원 공간정보의 우선순위가 다르다는 것을 알 수 있었다.

전문가 집단은 위치정보의 중요성에 대해 자신들이 가지고 있는 공간정보의 가치관을 설문조사에 그대로 반영한 것으로 보인다. 위치정확도에 대한 개념 자체가 중요시되는 공간정보 분야에 종사하는 응답자는 3차원 공간정보를 바라보는 시각이 실세계 위치 기반의 축소 모형이라는 기본적 관점이 지배적이며, 비전문가 집단은 이와는 달리 보이는 가시성에 중점을 두고 3차원 공간정보를 바라보고 있다는 사실을 이 조사를 통해 알 수 있었다.

결과적으로 3차원 공간정보를 구축할 때 이를 사용하는 전문가 집단과 비전문가 집단의 성향이나 이용의 목적과 용도를 정확하게 파악하고 이에 부합하는 맞춤형 3차원 공간정보 생산을 위한 합리적 기준안이 요구된다.

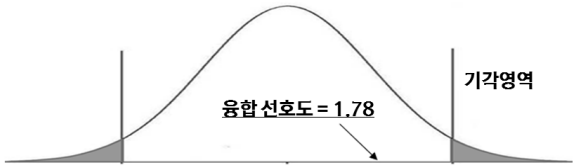
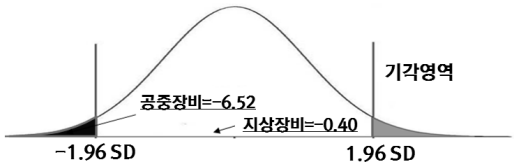
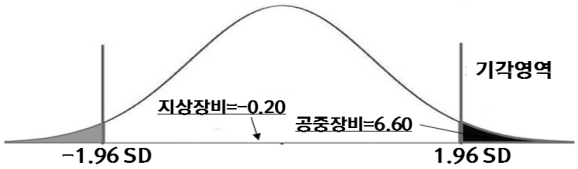
3.5. 조사의 종합

지금까지 실제 구축된 3차원 공간정보를 바탕으로 품질과 관련된 요인을 추출하였으며, 이를 목록화하였다. 그리고 전문가 집단과 비전문가 집단이라는 대조군을 설정하여 3차원 공간정보의 품질 향상 요인에 대한 견해차가 있는지를 살펴보았다. 또한 조사된 결과의 유의성에 대해 통계기법을 활용하여 검정해 보았다. 결과적으로 융합형 3차원 공간정보의 경우 대조군 간에 융합에 대한 필요성은 상호 공감하나, 세부적 조사 항목에서는 유의한 수준의 차이가 존재하는 것을 알 수 있었다.

정리하자면, 공중장비 의존도가 높은 현재의 3차원 공간정보는 전문가 집단의 시각과 비전문가 집단의 시각을 모두 만족시킬 수 있는 품질 개선 방안을 필요로 한다. 이에 따라 본 연구는 계량화된 조사방법론을 바탕으로 대조군의 견해차를 객관화하고, 이를 정리하여 우선시되어야 할 3차원 공간정보의 요인을 도출하였다.

평가항목으로 지목된 요인들은 크게 통계적으로 정량적 척도로 조사 가능한 가시성과 위치정확도 등이었으며, 정성적 평가 항목으로는 응용 및 활용성이 조사 대상으로 선별되었다. 서열화 평가대상은 가시화정보, 모델링정보, 수치표고모델, 실감정사영상, 위치정확도 등으로 이들에 대한 설문이 품질 향상을 위해 필요하다는 것을 인식할 수 있었다. 이와 같이 목록화된 요인들은 설문조사의 평가항목으로 이용되었으며, 정량적 분석이 요구되는 부분에 대해서는 긍정도가 평가의 척도였다. 정성적으로 평가되어야 하는 항목에서는 직접 기술하도록 설문지를 설계했으며, 순위화가 요구되는 항목에서는 서열 척도를 적용하였다. 조사결과는 〈표 12〉와 같이 융합형 3차원 공간정보 구축기술의 필요성에 대해서는 통계적으로 두 표본 집단 간 귀무가설을 기각 할 수 없어 동일한 수준에서 필요성을 느끼는 것으로

〈표 12〉 선호도 조사의 종합

구분	평가 대상	조사결과
장비 간 비교 및 융합	장비융합에 대한 집단 간 선호도	두 집단의 긍정도 평균은 전문가 집단이 8.57 사용자 집단이 8.24로 나타났으며, 통계적으로 서로 동일한 수준에서 융합형 3차원 공간정보를 원하는 것으로 조사됨. 
	3차원 공간정보 구축의 장비 적합성	조사대상 69%가 융합형(공중 및 지상)장비를 적합하다고 응답했으며, 공중과 지상장비 단독 사용에 대한 적합성은 대조군 간 의견 차가 존재함.
	위치정확도 적합성	조사대상 53%가 지상장비에 의한 위치정확도가 높을 것으로 응답했으며, 공중장비에 대한 대조군 간 의견차가 명확히 존재함.
장비별 가시화 및 모델링 특성 분석	가시화 정보	공중장비에 의한 가시화정보 취득은 전문가 집단 3.54, 비전문가 5.12로 부정적으로 응답했으며, 전문가 집단의 부정적 견해가 더 강하게 나타남. 지상장비는 전문가 집단 7.36, 비전문가 7.46으로 두 집단 모두 통계적 유의수준에서 동일한 긍정도를 나타냈음. 
	모델링 정도	공중장비에 의한 모델링정보 구축은 전문가 집단 6.92, 비전문가 5.02로 두집단은 통계적으로 동일하지 않음을 알 수 있었음. 지상장비는 전문가 집단 6.76, 비전문가 6.82로 두 집단 모두 통계적 유의수준에서 동일한 긍정도를 나타냈음. 
활용 및 서열화	활용 분야	30개의 응용 및 활용 분야가 조사되었으며, 이를 7개의 중분류 체계로 구분한 결과 부동산 분야가 20%로 가장 높았으며, 다음으로 도시계획 분야가 19%로 조사됨.
	요소별 서열화	전문가 집단에서는 위치정확도(1.21), 가시화정보(2.58), 모델링정보(3.19), 수치표고모델(3.88), 실감정사영상(4.12) 순이었으며, 사용자 집단에서는 가시화정보(1.69), 모델링정보(2.86), 위치정확도(3.08), 수치표고모델(3.21), 실감정사영상(4.16) 순으로 조사되었음.

분석되었다. 공중장비와 지상장비에 대한 선호도 평가에서도 두 집단 모두에서 융합형장비의 선호도 비율이 공중 혹은 지상장비에 의한 단일 방법에 비해 월등히 높게 나타남을 알 수 있었다.

정량적 평가 대상에서는 위치정확도와 가시성을 조사했으며, 전문가 집단과 비전문가 집단에서는 위치정확도에 대한 의견 차가 명확하다는 것을 알 수 있었다. 전문가 집단의 경우 위치정확도는 공중장비와 지상장비가 동일할 것이라는 의견이 가장 높은 비율로 조사된 반면, 비전문가 집단에서는 지상장비의 위치정확도가 높을 것이라는 견해가 지배적이었다. 가시성의 경우 두 집단 모두에서 지상장비에 의한 3차원 공간정보 구축이 가시화정보의 품질에 긍정적 영향을 미칠 것이라고 응답했다. 공중장비에 대한 가시성은 두 집단 모두 부정적 견해를 갖고 있었으나 전문가 집단의 부정적인 견해가 비전문가 집단보다 더 높게 나타남을 알 수 있었다. 서열화 평가 대상으로는 위치정확도가 전문가 집단에서 최우선 순위였으며, 비전문가 집단에서는 가시화정보가 최우선 순위인 것으로 조사되었다.

4. 결 론

공중장비 의존도가 높은 현재의 3차원 공간정보는 전문가 집단의 시각과 비전문가 집단의 시각을 모두 만족시킬 수 있는 품질 개선 방안을 필요로 한다. 이에 따라 본 연구는 계량화된 조사방법론을 바탕으로 대조군의 견해차를 객관화하고, 이를 정리하여 우선시되어야 할 3차원 공간정보의 요인을 도출하였다.

평가항목으로 지목된 요인들은 크게 통계적으로 정량적 척도로 조사 가능한 가시성과 위치정확도 등이었으며, 정성적 평가항목으로는 응용 및 활용성이 조사 대상으로 선별되었다. 서열화 평가대상은 가시화정보, 모델링정보, 수치표고모델, 실감정사영상, 위치정확도 등으로 이들에 대한 설문이 품질 향상을 위해 필요하다는 것을 인식할 수 있었다. 이와 같이 목록화된 요인들은 설문조사의 평가항목으로 이용되었으며, 정량적 분석이 요구되는 부분에 대해서는 긍정도가 평가의 척도였다. 정성적으로 평가되어야 하는 항목에서는 직접 기술하도록 설문지를 설계했으며, 순위화가 요구되는 항목에서는 서열 척도를 적용하였다. 조사결과 융합형 3차원 공간정보 구축기술의 필요성에 대해서는 통계적으로 두 표본 집단 간 귀무가설을 기각할 수 없어 동일한 수준에서 필요성을 느끼는 것으로 분석되었다.

공중장비와 지상장비에 대한 선호도 평가에서도 두 집단 모두에서 융합형장비의 선호도 비율이 공중 혹은 지상장비에 의한 단일 방법에 비해 월등히 높게 나타남을 알 수 있었다.

정량적 평가대상에서는 위치정확도와 가시성을 조사했으며, 전문가 집단과 비전문가 집단에서는 위치정확도에 대한 의견 차가 명확하다는 것을 알 수 있었다. 전문가 집단의 경우 위치정확도는 공중장비와 지상장비가 동일할 것이라는 의견이 가장 높은 비율로 조사된 반면, 비전문가 집단에서는 지상장비의 위치정확도가 높을 것이라는 견해가 지배적이었

다. 가시성의 경우 두 집단 모두에서 지상장비에 의한 3차원 공간정보 구축이 가시화정보의 품질에 긍정적 영향을 미칠 것이라고 응답했다. 공중장비에 대한 가시성은 두 집단 모두 부정적 견해를 갖고 있었으나 전문가 집단의 부정적인 견해가 비전문가 집단보다 더 높게 나타남을 알 수 있었다. 서열화 평가 대상으로는 위치정확도가 전문가 집단에서 최우선 순위였으며, 비전문가 집단에서는 가시화정보가 최우선 순위인 것으로 조사되었다.

대조군 간 견해차가 존재하는 핵심 요인을 구체적으로 평가하기 위한 분석은 위치정확도와 가시화정보를 핵심 요인 평가대상으로 선정하고 수행하였다. 위치정확도의 경우 모델링 정보의 성과와 VRS 측량 성과를 기술통계 및 추론통계적으로 비교 분석한 결과 서로 동일하지 않음을 증명할 수 없었다. 또한 가시화정보의 경우 공중 및 지상장비 간에는 상호 보완적 성격의 장·단점이 공존하고 있었으며, 표현의 한계 등에서 차별화된 특징을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다.

향후 본 연구 성과를 통하여 현재와 같은 공중장비 위주의 3차원 공간정보 제작 기술의 단점을 보완하고 다양한 분야에 활용이 가능한 공간정보를 구축한다면, 대국민 서비스의 이용률을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 농촌진흥청에서 시행하는 「농업공동연구-농업기후변화적응체계구축-농업분야 기후변화 대응기술 개발」, "원격탐사를 활용한 5대 채소 주산단지의 재배면적 변동 추정 기술 개발" 과제의 지원으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

【참고문헌】

• 김상봉(2011), 「수치정사영상을 이용한 3차원 객체모델 알고리즘에 관한 연구」, 명지대학교 대학원 박사학위 논문.

• 이현직, 유지호, 김상연(2010), 「수치사진측량 기법을 이용한 3차원 공간정보의 품질분석」, 한국지형공간정보학회지 제18권 제4호, pp.141-149.

• 이정일(2014), 「장비 및 제도 개선을 통한 3차원 공간정보의 품질 향상 방안」, 인천대학교 대학원 박사학위 논문.

• 김문기, 성정곤(2008), 「효율적인 도로 시설물 유지관리를 위한 모바일 매핑 시스템 활용에 관한 연구」, 대한원격탐사학회지 제24권 제2호, pp.153-164.

• 조정관(2011), 「3차원지적의 건물모형 구축을 위한 공간자료 융합 연구」, 목포대학교 대학원 박사학위 논문.

• 김재명(2012), 「3차원 공간정보의 품질인증에 관한 연구」, 서울시립대학교 대학원 박사학위 논문.

• 이정일(2008), 「RFID기반기준점 형태 및 제공정보 관련 선호도 연구」, 한국국토정보공사 공간정보연구원, 학술지 지적과 국토정보, 제38권 제1호, pp.195-212.

• 김성준, 민성홍, 이동천, 박진호, 이임평

(2007), 「도화원도를 이용한 3차원 건물모델의 자동생성」, 한국지형공간정보학회지 제15권 제2호, pp.3-14.

• 장경호, 장재석, 이석준, 정순기(2009), 「비교정 영상에서의 반자동 3차원 건물 모델링」, 한국멀티미디어학회논문지 제12권 제9호, pp.1217-1232.

• 국토교통부(2011), 「고정밀 3D 구축 활용기술기반 연구」, 국토교통부.

• 국토지리정보원(2010), 「차량기반 멀티센서 측량시스템 제도개선 연구」, 국토지리정보원.

• 서용철, 최윤수, 허민(2009), 「항공레이저측량의 측량 기초와 응용」, 공간정보산업협회.

• 이정일(2000), 「구릉지 공동주택 계획의 도시경관 향상을 위한 연구」, 한양대학교 대학원 석사학위 논문.

• 국토지리정보원(2013), 「항공사진측량 작업규정 제2013-2236호」, 국토지리정보원.

• 국토지리정보원(2012), 「3차원 국토공간정보 구축 작업규정 제2012-1660호」 국토지리정보원.

• Vosselman, G. & Dijkman, S.(2001), 「3D Building model reconstruction from point clouds and ground plans in ISPRS Workshop Land Surface mapping and Characterization Using Laser Altimetry; International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial information Sciences」, Annapolis, MD, USA, Vol.34, pp.37-43.

• Wang,S.,Tseng, Y.H. and Fu, P.K.(2008), 「Automated Texture Mapping on 3D Building Model Using Photogrammetric Images」, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.13 No.2, pp.75-84.

• Iidikok,S.,George.V.(2004), 「Reconstruction of 3D build models from aerial images and maps」, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol.58, pp.202-224.

2016년 4월 20일 투고
2016년 5월 25일 1차심사
2016년 6월 13일 2차심사
2016년 6월 24일 게재확정