

# 지질공원 모니터링을 위한 3D 공간데이터 구축과 데이터 교차활용 방안연구: 무인항공기와 가상현실을 이용하여

박해경<sup>1</sup> · 이동근<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 대학원 협동과정 조경학

<sup>2</sup>서울대학교 조경·지역시스템공학부

## 요 약

지질공원은 환경적 측면이나 유산적 측면으로도 보존가치가 높다. 이러한 지질공원의 보존과 보호를 위해서는 모니터링과 국민적 관심은 필수적이다. 무인항공기와 SfM 알고리즘의 활용은 인력대비 넓어 관리가 어려웠던 지질공원의 효과적인 모니터링을 가능하게 해주며, 이로부터 파생되는 다양한 공간정보 데이터는 부족했던 지질공원 인지도 향상을 위해서도 활용이 가능하다. 우리는 이를 확인하기 위하여 한탄-임진강권역 국가 지질공원중 하나인 화적연을 사례로 하여 무인항공기와 SfM 알고리즘을 이용하여 3차원 공간데이터를 생성하여 화적연을 측량하였다. 그리고 이 데이터를 가상현실과 3D 프린팅에 적용하고 간단한 온라인 설문조사를 실시하여 지질공원 홍보 가능성을 확인하였다. 최종적으로 지질공원 모니터링을 목적으로 생성된 각 단계별 데이터들을 조사하고 지질공원의 홍보 및 연구를 위한 교차활용방안을 제시하였다.

**주요어:** 무인항공기, SfM, 지질공원, 포인트 클라우드, 가상현실

**Haekyung Park and Dongkun Lee, 2018, 3D spatial data generation and data cross-utilization for monitoring Geoparks: Using Unmanned Aerial Vehicle and Virtual Reality. Journal of the Geological Society of Korea. v. 54, no. 5, p. 501-511**

**ABSTRACT:** Geoparks are worth preserving in an environmentally and heritage. Monitoring and public attention are essential for the conservation and protection of geoparks. The use of Unmanned Aerial Vehicles and the Structure from Motion algorithm enables effective monitoring of geoparks that are difficult to manage due to their wide range of manpower, and various spatial data derived from SfM can be utilized to improve awareness of geoparks that have been lacking. In order to prove this, firstly, we created the 3D spatial data by using the UAV and the SfM algorithm, which is one of the National geoparks of the Hantan-Imjin River area. Using this 3D data for Virtual Reality and 3D printing. After that, we verified the possibility of promoting the geopark through a simple online survey. Finally, we propose a method to utilize all the generated data from each step to promote and research for geoparks.

**Key words:** unmanned aerial vehicle, SfM, geopark, point cloud, virtual reality

(Haekyung Park, Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea; Dongkun Lee, Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, CALS, Seoul National University, Seoul 08826, Republic of Korea)

## 1. 서 론

최근 무등산권 국가지질공원이 유네스코 세계지질공원으로 인증되었다. 그러나 이러한 노력에 비해 지질공원의 보존과 관리에 대한 인식은 아직 부족해 보인다. 일례로 지난 2017년 유네스코 지정승인을 위

한 작업이 진행 중이었던 한탄강 주상절리가 오·폐수 차집관로 시공을 이유로 훼손(Jeon, 2017)되었던 일은 우리나라의 지질공원 관리에 대한 행정의 불일치와 보존의식 부재가 얼마나 심각한가를 보여 주는 단적인 예이다. 지질공원은 역사적 문화유산처럼 한번 파괴되면 다시 복원이 어렵다는 점에서 보존가치

\* Corresponding author: +82-2-880-4885, E-mail: [dklee7@snu.ac.kr](mailto:dklee7@snu.ac.kr)

가 높은 자연유산으로 유네스코에서도 지질공원의 보존은 필수적이라고(UNESCO, 2016) 강조하고 있어 지질공원의 보존을 위한 노력은 더 이상 선택이 아니다.

지질공원의 보존은 지질공원의 다양한 변화를 탐지할 수 있는 모니터링이 수반되어야 한다. 그러나 아직까지 지질공원의 관리에 대한 깊이있는 고민들이 충분하지 않고(Jeon, 2016) 지질공원의 형태적 변화나 훼손에 대해 체계적으로 모니터링 할 수 있는 시스템 또한 부재하다. 다만 넓은 관리대상에 비해 인력이 부족해 관리가 어려운 실정이므로(Ju and Woo, 2016) 이러한 상황에 맞는 새로운 모니터링 방법이 필요해 보인다.

지질공원 보존에 있어 또다른 장벽은 지질공원의 홍보와 인지도 부재로 인한 관심의 부족이다. 이는 지속적으로 많은 연구자들이 꾸준히 지적하여 온 문제로 Kim *et al.* (2014)는 앞서 언급한 지질공원의 관리부족 뿐만 아니라 지질공원의 인식과 홍보부족을 문제점으로 말하고 있으며, Ryu and Moon (2016)도 지질공원에 대한 인지도는 높지 않으며 지질공원 소재 지자체 주민들에게조차도 낮아 대내외적 홍보가 중요하다고 지적하고 있다. 따라서 지질공원의 보존을 위해 지속적인 모니터링과 인지도 제고의 노력은 병행되어야 하며, 이를 위하여 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, 이하 UAV)와 SfM(Stereo from Motion, 이하 SfM)의 적극 활용이 검토되어야 한다.

UAV의 발전은 직접 탐사가 어려운 지형에 대한 접근을 용이하게 해주어 많은 연구자들에게 새로운 지평을 열어주었다. 특히 SfM은 2차원 스테레오 사진들로 3차원 공간정보를 생성하여 주는 알고리즘으로 UAV와 함께 사용되면 저비용 고해상도로 지형조사가 가능하지만(Smith *et al.*, 2015), 우리나라는 아직 지질분야의 UAV 활용도가 많지 않다. 해외의 경우 Web of science에서 검색된 무인항공기 관련 4386개 논문 중 Geology 분야가 상위 10위(약 260개)였으며 유사주제인 Physical Geography까지 합산하면 6위인 반면 국내 KCI (Korea Citation Index)에서 무인항공기로 검색된 924개 논문 중 지질분야는 순위에 없었다.

우리는 UAV와 SfM의 활용이 지질공원의 변화 모니터링 수단이 되며, 또한 이를 목적으로 생성된

공간자료가 지질공원의 인지도 향상을 위해서도 교차활용이 가능한지에 대해 확인하고자 하였고 다음과 같이 세가지 목표로 연구를 진행하였다. 첫째, 국가 지질공원 중 하나인 한탄-임진강권역 화적연을 사례로 UAV와 SfM을 이용해 3차원 고해상도 지질공원 지형데이터를 생성 및 측량하는 것이다. 둘째, 앞서 생성된 데이터 중 3D 데이터의 활용 가능성에 중점을 두고 가상현실(Virtual Reality, 이하 VR)과 3D 프린팅에 적용하는 것이다. 셋째, 연구결과들을 토대로 UAV를 이용한 이미지 수집부터 마지막 솔리드 모델링 단계까지 각 단계별 생성되는 데이터 리스트를 조사하고 이들의 활용방안을 제시하는 것이다. 특히 우리는 제안한 활용방안 중 'VR 지질공원'의 전망에 대해 간단한 온라인 설문조사를 실시하여 검증하여 보았다.

## 2. SfM 알고리즘

SfM은 연속된 사진을 이용해 3차원 구조로 재구성해주는 일반적인 기술로 이미 2000년대부터 computer vision연구자들에 의해 꾸준히 개발되어 왔다(Smith *et al.*, 2015). 2010년 초반까지가 SfM 알고리즘 발전시기였다면 2010년 중반 이후는 다양한 분야에서의 SfM 활용시기로 볼 수 있다. 실제로 2010년부터 2016년까지 Web of Science에서 SfM을 키워드로한 742개의 논문의 인용이 8,427회나 이를 정도로 게재논문의 수와 인용이 가파르게 증가하였다.

SfM이 2010년 중반 이후부터 두드러지게 각광받게 된 것은 소위 드론으로 더 많이 불리우는 UAV의 발달, 컴퓨터 성능의 향상, GPS 및 모바일 기능의 향상 등 관련기술의 발전과 크게 맞물려있다. 예를 들면, SfM 알고리즘 적용을 위해서는 이를 처리할 수 있는 고사양의 컴퓨터가 필요하고 UAV로 이미지를 수집하기 위해서는 비행시간과 직결된 배터리 기술의 발전이, 그리고 UAV의 정확한 컨트롤을 위한 GPS 수신기의 발전 등이 수반되어야 한다.

이미지를 기반으로 하여 SfM을 통해 3차원 포인트 클라우드가 생성되기까지 내부적으로 수많은 단계를 거치는데 다음의 4단계는 그중 필수단계이다. 1단계는 각 이미지별 키포인트를 식별하는 단계로, 객체나 배경 등에서 각 객체들의 꼭짓점이나 변곡점 등 색상이나 형태의 변화가 이루어 지는 지점에 형

성이 된다. 2단계는 인접 이미지간 동일 키포인트를 서로 매칭시키는 단계이다. 3단계는 앞서 매칭된 키포인트들의 3차원 상하좌우 관계를 규명하기 위해 SfM 알고리즘이 적용되는 단계로, SfM 알고리즘 적용 후 1차적으로 밀도가 낮은 포인트 클라우드(coarse point cloud)가 생성되고 2차적으로 카메라 매개변수를 이용한 MVS (Multi-View Stereo, 이하 MVS) 알고리즘이 포인트 클라우드의 밀도를 증가시켜 최종적으로 밀도있는 포인트 클라우드(dense point cloud)가 완성된다.

SfM 알고리즘만으로도 밀도있는 포인트 클라우드 생성이 가능하지만 상당한 데이터 처리시간이 소요되므로 MVS 알고리즘을 함께 이용함으로써 전체 프로세스 시간을 줄일 수 있게 된다(Smith *et al.*, 2015). 그래서 computer vision분야에서는 SfM과 MVS가 분명히 다르다고 규명하고 있어 SfM-MVS라 부르기도 하지만 두 과정은 분리 진행되는 경우가 거의 없으므로 구분하지 않고 전체과정을 통칭하여 SfM이라고 부르는 추세이다. 모든 단계를 거쳐 최종 생성된 밀도있는 포인트 클라우드는 3차원 메쉬모델(mesh model)과 정사사진(ortho-photograph)으로의 파생이 가능하다.

부가적으로, SfM은 사진을 인풋데이터로 하므로 사진의 선명도를 좌우하는 촬영환경이나 객체의 종류가 최종 산출물의 품질에 큰 영향을 미친다. 예를 들면 흐린날씨, 측량대상이 유동체 혹은 동적 객체일 경우, 형상이 불분명하거나 변곡점이 적은 단조롭고 평평한 객체는 키포인트가 적게 생성되어 포인트 클라우드의 품질이 낮아질 가능성이 높아진다.

### 3. 연구방법

#### 3.1 연구대상 및 UAV를 이용한 이미지 수집

시범 연구대상은 전국 10개의 모든 국가지질공원을 후보로 하여 UAV 비행시의 안전성을 기준으로 관련 사진자료와 문서자료를 충분히 검토한 뒤, 최종적으로 한탄·임진강권역에 속하는 경기도 포천시 소재의 화적연(그림 1, Daum Map, 2018, 재구성)를 시범 연구대상으로 하였다. 화적연은 수도권에 위치하여 접근성이 좋으며 측정객체가 비교적 작아 저고도 비행이 가능하고, 협곡과 같이 높고 급격한 지형이 존재하지 않아 넓은 시야가 확보된 점, 그리고 바람이 많지 않아 후보군들 중에 UAV비행에 가장 안전한 지역이라고 판단하여 최종 선정하게 되었다. 화적연은 명승 제 93호로 지질학적으로는 중생대 백악기시대 화강암으로 알려진 명성산 화강암의 하천 침식작용으로 생성된 것이다(Hantangang River Geopark, 2015).

우리는 2017년 7월 25일에 DJI사의 Phantom 4 이용하여 안전한 비행과 선명한 이미지 수집을 위해 지구자기장 지수 2(지수가 높으면 GPS교란 가능성이 있음), 바람이 없고 화창한 날로 선정하여 촬영을 진행하였다. 그리고 이동시 수집되는 이미지 품질을 최대한 안정적으로 보장하기 위해 UAV 카메라의 Focus와 ISO 설정 값을 Auto로 하여 총 269장의 이미지(size: 5472 × 3078)를 수집하였다.

일반적으로 포인트 클라우드를 생성하기 위해 무인항공기로 이미지를 수집할 때에는 격자(grid) 혹은 다중격자(multi-grid) 형태로 자동 비행하여 획득하는데, 화적연 주변의 지형특성과 수면 위의 비

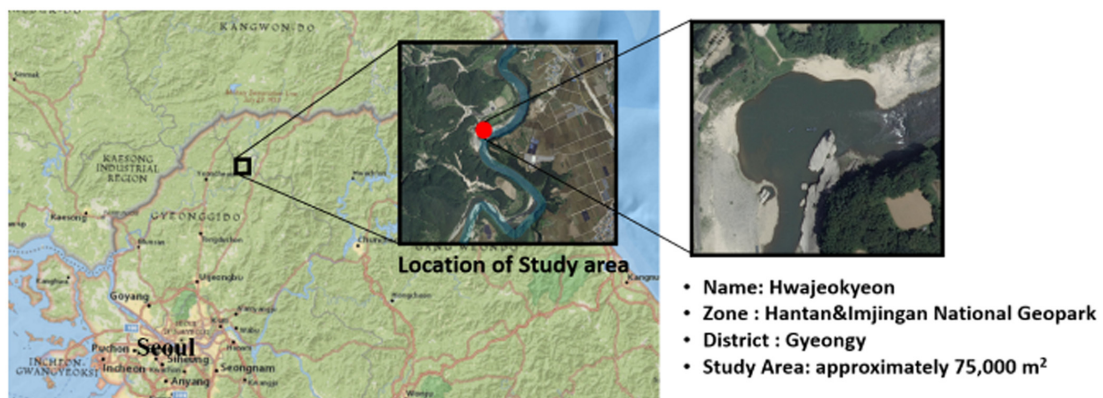


Fig. 1. Study area.

행인 점을 고려하여 자동비행은 위험하다고 판단하여 수동비행으로 이미지를 취득하였다.

### 3.2 SfM 알고리즘의 적용과 측량

SfM 알고리즘을 이용해 포인트 클라우드를 생성하기 위해(그림 2a, 2b) 사용한 소프트웨어는 Photoscan professional이며 포인트 클라우드와 메쉬 데이터의 편집과 측량은 Meshlab과 Photoscan을 이용하였고 사용한 좌표계는 WGS84이다. 이때 GCP (Ground Control Point)는 사용하지 않았으며 고해상도 포인트 클라우드를 얻기위해 이미지는 축소하지 않았다. 전 과정에서 생성되는 데이터들의 파일포맷 리스트 조사는 SfM 소프트웨어로 가장 잘 알려진 Photoscan과 Pix4D를 모두 참고하였다.

### 3.3 VR 구현과 3D 프린팅

SfM 알고리즘으로 생성된 메쉬모형을 VR에 구현하고 3D 프린터로 출력하기 위하여 메쉬모형을 솔리드모형으로 변형시켰다. 솔리드 모델링(make a solid model) 작업은 메쉬모형에서 누락된 표면을 복원하여 자연스럽게 만들어주며(그림 2c), 3D 프린팅은 hole이 없는 완전한 솔리드 모델만 출력이 가능하기 때문에 반드시 거쳐야 하는 작업이다.

VR에의 구현은 메쉬모형이나 솔리드 모델이 아닌 포인트 클라우드로도 가능하지만(e.g., Bergé *et al.*, 2017; Gong *et al.*, 2017) 메쉬모형을 이용하면 더 현실감 있는 VR의 구현이 가능하다(Jiménez Fernández-Palacios *et al.*, 2017). 왜냐하면 메쉬모형은 표면에 텍스처(texture)의 표현이 가능하고 특히 대부분 SfM 프로그램은 입력된 이미지들을 이용하여 실제와 비슷한 텍스처를 메쉬모형에 입혀줌으로써 실제와 유사하게 만들어주기 때문이다.

우리는 화적연의 형상을 VR로 구현하기 위하여 솔리드 모델링된 파일을 \*\*.fbx 포맷으로 변환하여 Unity에서 불러왔다. 그리고 3D 프린팅을 위하여 파일을 \*\*.stl 포맷으로 변환하였고 사용된 3D 프린터는 3D WOX DP200, 친환경 소재인 PLA 2.85mm 필라멘트를 이용하여 출력하였다.

### 3.4 지질공원 인지도 및 VR 지질공원 방문의향 설문조사

본 설문은 연구의 주된 분석용도가 아닌 앞서 언급했던 지질공원의 인지도 부재를 다시한번 확인하고 VR 지질공원의 방문의향을 사전조사함으로써 SfM 포인트 클라우드의 교차활용에 대한 추가적인 검증에 위해 실시된 조사이다. 따라서, 이 결과는 연

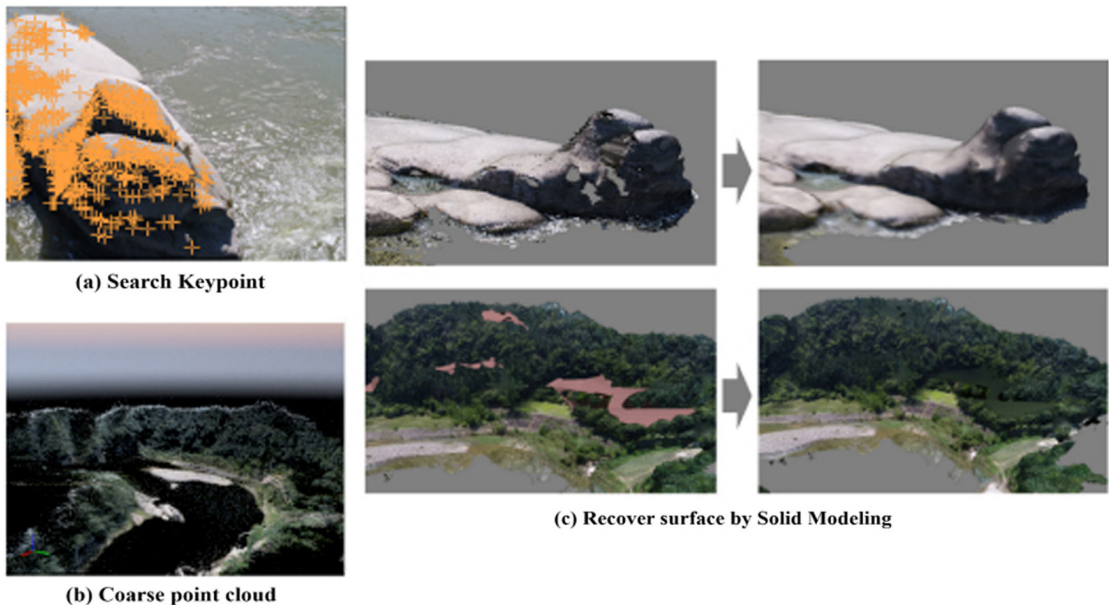


Fig. 2. Searching key point, making coarse point cloud from SfM and recover surface by solid modeling in the process.

Table 1. Online questionnaires.

| 조사항목                    | 문항<br>번호 | 설문내용                                                                                   |
|-------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 연령대                     | 1        | 나는 (10 / 20 / 30 / 40 / 50 / 60대 이상)이다.                                                |
| 거주지                     | 2        | 나는 (서울시 / 5대 광역시 / 수도권 / 그 외)에 거주하고 있습니다.                                              |
| 지질공원에 대한<br>인지도         | 3        | ‘지질공원(혹은 국가지질공원)’에 대해 들어본 적이 (있다 / 없다)<br>(지질공원에 대한 간략한 중간설명 및 지질공원 위치그림 제시)           |
|                         | 4        | 다시 생각해보니 지질공원 개념을 몰라서 그렇지 아마도 지질공원에 다녀온 것 같<br>다. (그렇다 / 아니다 / 잘 모르겠다)                 |
| 접근성                     | 5        | 지질공원은 거리가 멀어 접근이 어려워 보인다.<br>(그렇다 / 아니다 / 잘 모르겠다)                                      |
|                         | 6        | 멀더라도 앞으로 지질공원에 갈 의향이 (있다 / 없다 / 잘 모르겠다)                                                |
| VR 지질공원<br>방문의향         | 7        | 만약 도시에 지질공원을 VR고글을 통해 3D 가상현실(VR)로 무료로 체험할 수<br>있는 공간이 생긴다면, 가볼 의향이 (있다 / 없다 / 잘 모르겠다) |
|                         | 8        | 만약 어린 자녀가 있다면, 교육목적으로 아이들과 함께 가상 지질공원을 갈 의향이<br>(있다 / 없다 / 잘 모르겠다)                     |
|                         | 9        | 만약 거동이 조금 불편한 가족이 있다면, 직접 멀리 있는 지질공원의 직접 방문을<br>대신하여 가상 지질공원 방문 의향이 (있다 / 없다 / 잘 모르겠다) |
|                         | 10       | 만약 가상현실 체험공간이 유료이면 (그래도 가겠다 / 가지 않겠다 / 잘 모르겠다)                                         |
| VR 지질공원 홍보효<br>과에 대한 전망 | 11       | 도시 내에서 체험할 수 있는 VR 가상 지질공원이 지질공원을 알리는 데에 긍정적<br>홍보의 효과가 (있을 것 같다 / 소용없을 것 같다 / 잘 모르겠다) |

구의 단순 검증자료로써의 기능만을 가지므로 설문의 목적과 항목이 간결하고 높은 응답회수율과 빠른 진행을 위해 수차례의 테스트 설문을 토대로 전 문항 객관식으로 구성되었다.

우리는 지질공원에 대한 인지도와 VR 지질공원의 방문의향에 관한 질의를 주요 목적으로 구글폼(Google form)으로 간단한 온라인 설문조사를 실시, 2018년 4월 10일부터 14일(5일간)까지 소셜 네트워크를 통해 불특정 다수에게 설문링크를 전달하여 총 109명에게 응답을 받았다. 총 11개 문항으로 구성된 설문은 응답자의 연령대, 거주지, 지질공원에 대한 인지도, 지질공원에 대한 접근성, 가상 VR 지질공원 방문의향, 홍보효과에 대한 전망에 대해 질문하였다(표 1).

## 4. 결 과

### 4.1 포인트 클라우드의 생성 및 화적연 측량

UAV와 SfM을 이용한 결과, 화적연을 포함하여 주변부의 경관을 포함한 지질공원의 다양한 지형지물은 DSLR 카메라 이미지와 견줄수 있을만큼 상당한 고해상도 포인트 클라우드로 표현되었다(그림 3a,

3b). 다만 화적연을 에워싸 흐르는 한탄강은 유동체이므로 키포인트가 잘 생성되지 않아 거의 표현되지 않았다. 따라서, SfM 알고리즘과 UAV를 이용하면 유동체를 제외한 지질공원의 객체들을 실제와 유사한 지형정보 3D 공간데이터로 구축할 수 있음을 확인하였다.

무엇보다도 생성된 포인트 클라우드는 무인항공기로부터 기록된 이미지의 GPS정보로 인해 위치정보를 포함하고 있어 소프트웨어만으로도 용이하게 위치정보의 파악과 크기의 측량이 가능했다(그림 3c). 화적연의 최상단은 경도 127.262933, 위도 38.114979, 고도는 169.398 m 이었으며 수면위 표출된 화적연의 가로길이는 46.06 m, 세로 13.98 m, 높이 11.73 m, 면적과 부피는 각각 1345.18 m<sup>2</sup>, 1,235.92 m<sup>3</sup> 이었다.

또한, 생성된 고해상도 포인트 클라우드는 화적연을 다양한 위치와 각도에서 사각지대나 접근이 어려운 지형의 제약없는 관찰을 가능하게 해주었다(그림 4a, 4b, 4c). 예를 들면, 화적연은 지질공원의 입구방면에서 전면만 볼 수 있어(e.g., 그림 3b) 뒤편은 관찰 불가능한 사각지대가 존재하는데, 만약 이곳의 육안 관찰을 가정한다면 전면의 한탄강을 관통하거나 뒤편의 숲으로 우회접근 해야 가능하다(그림 4). 반면

SfM 포인트 클라우드를 이용하면 사각지대 뿐 아니라 그림 4b와 같이 원거리 스카이뷰도 가능하여 직

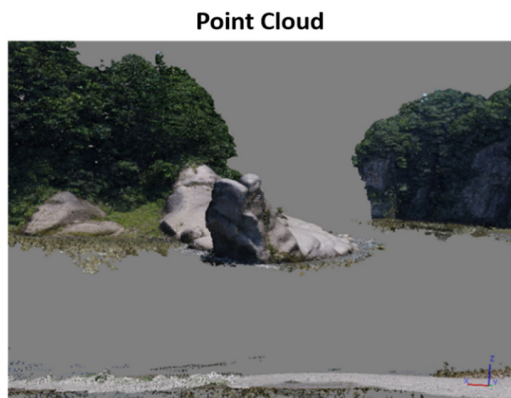
접탐사를 통한 육안관찰과는 차별화되는 자유로운 관측이 가능했다.



(a) Dense Point cloud by SfM Algorithm

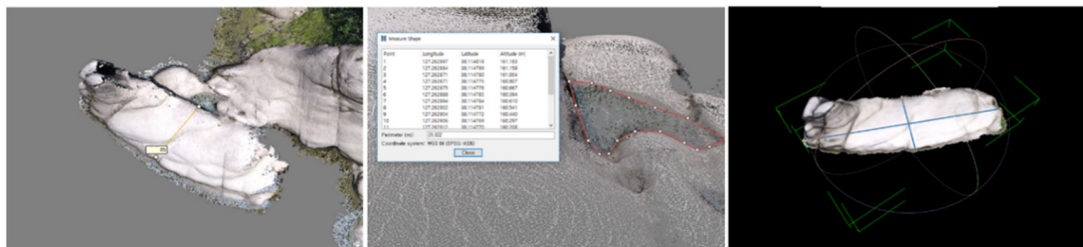


DSLR Image



Point Cloud

(b) Comparing scenen from DSLR image and SfM point cloud



(c) Measuring features with generated 3D spatial data by SfM

Fig. 3. Result point cloud scene and measuring.

## 4.2 인지도 향상을 위한 SfM 3D 데이터 교차활용

### 4.2.1 VR과 3D 프린팅 적용

포인트 클라우드로부터 파생된 메쉬모델을 이용하면 VR 고글과 연동가능한 소프트웨어를 통해 그림 5a와 같이 입체적으로 시각화하여 볼 수 있었고, 또한 3D 프린터로 46 m → 4.6 cm로 1,000배 축소하여 그림 5b와 같은 실재에 유사한 화적연 미니어처를 용이하게 제작할 수 있었다.

또한, 지질공원과 관련한 데이터의 다양한 교차활

용을 제안하기 위하여 각 단계별 파생데이터를 조사한 결과, UAV를 이용한 이미지 수집단계에서는 이미지 파일과 동영상의 수집이 가능했으며(e.g., \*.Jpg, \*.avi, ...), SfM 알고리즘 적용단계에서는 포인트 클라우드, 메쉬모델, 정사사진을 얻을 수 있었다(e.g., \*.xyz, \*.ply, \*.las, \*.obj, \*.fbx, \*.tiff, \*.kml, \*.shp, \*.laz, \*.dxf, ...). 그리고 마지막 솔리드 모델링 후에는 \*.ply, \*.obj, \*.fbx 등의 파일을 얻을 수 있었다.

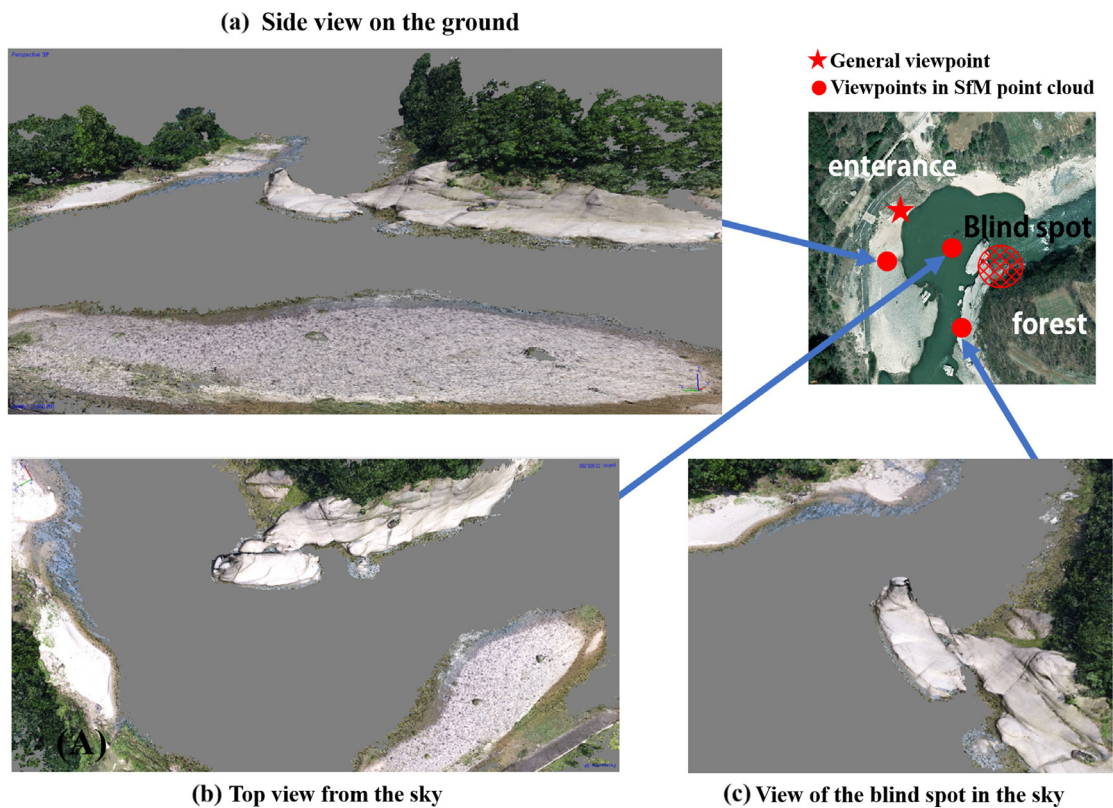


Fig. 4. Multi-Viewpoints using SfM point cloud.

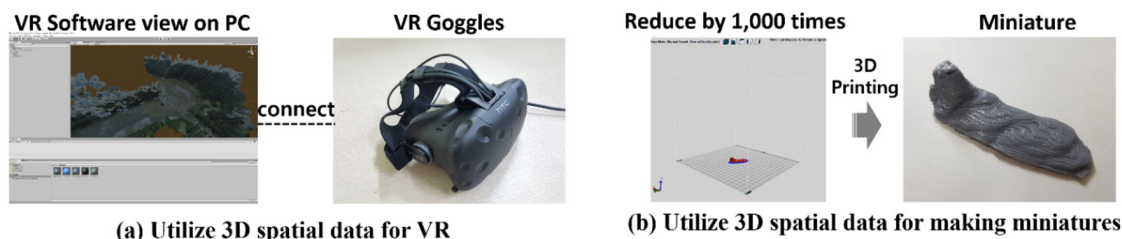


Fig. 5. Utilize 3D spatial data for VR and 3D printing.

#### 4.2.2 지질공원 인지도 및 VR 지질공원 방문의향 설문조사 결과

지질공원의 인지도와 VR 지질공원 방문의향에 대

한 설문결과를 정리한 그래프는 그림 6과 같다. 설문 응답자 전체 109명 중 연령대는 30대가 40%로 가장 많았으며 60대 이상 21%, 40대 18%, 50대 10%, 20

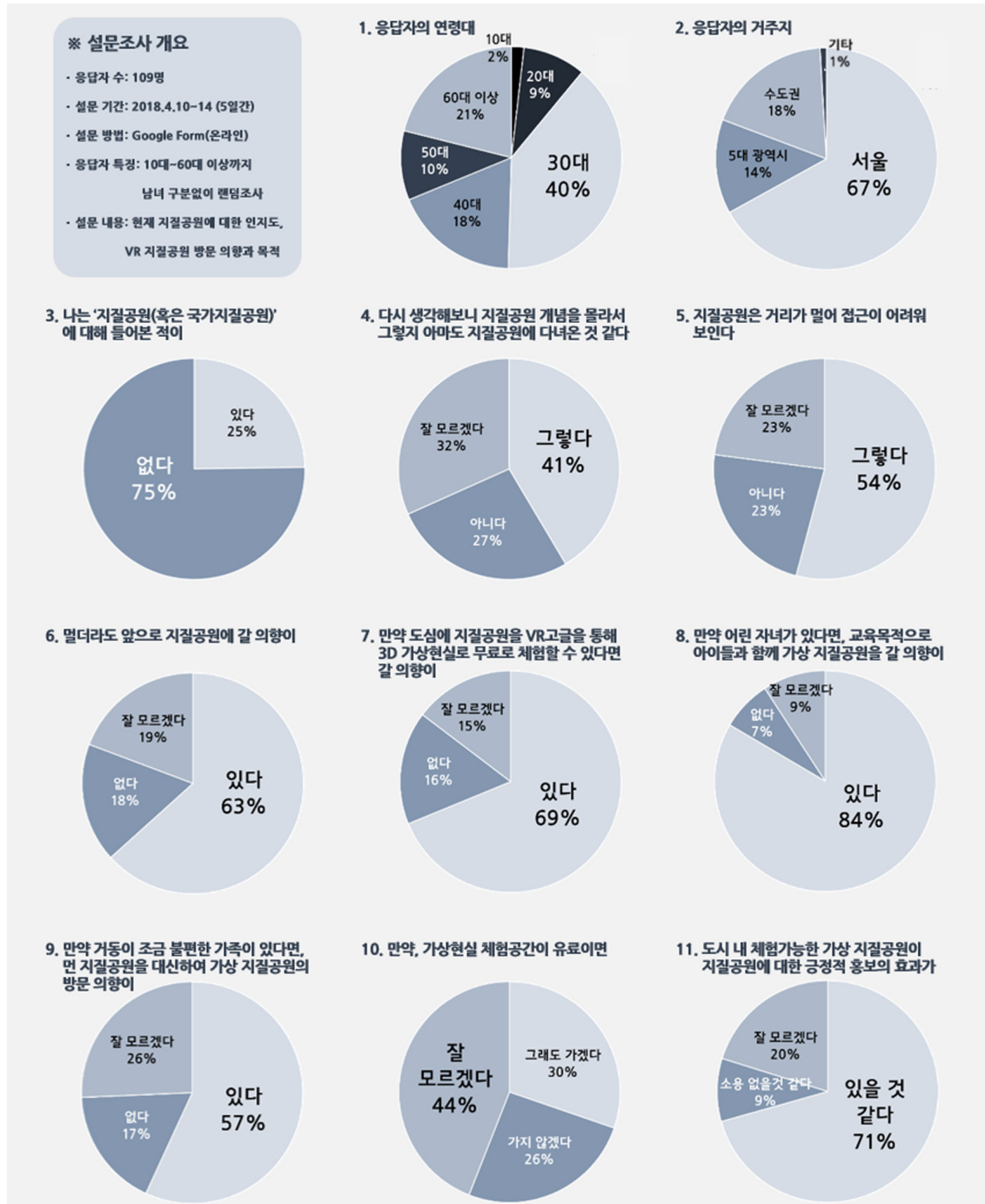


Fig. 6. Online survey results.

대 9%, 10대 2% 순이었다. 그리고 1명을 제외한 모든 응답자는 서울을 비롯한 수도권 및 광역시에 거주했다.

설문문항 3번~4번은 지질공원에 대한 인지도 관련 질문으로 75%는 '지질공원에 대해 들어본 적이 없다'고 하였고, 지질공원에 대한 간단한 사진과 텍스트 설명 후 재 질문했더니 '지질공원 개념은 몰랐지만 다녀온 적이 있는 것 같다'가 41%, 여전히 '잘 모르겠다'가 32%로 나타나 지질공원에 대한 낮은 인지도를 확인할 수 있었고, 사람들은 '지질공원'이라는 단어 자체를 생소해 함을 알 수 있었다.

5번~6번 문항은 지질공원에 대한 접근성과 방문 의향 관련 질문으로 약 54%가 지도에 제시된(지질공원의 분포도를 보여주었음) 지질공원들이 본인 소재지에서 '멀다'라고 인지하고 있는 반면, '멀어도 지질공원을 방문하고 싶다'는 의견이 63%에 달해 지질공원에 대한 거리감은 사실상 방문에 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인되었으며 이것은 연령대와 상관없이 없었다.

7번부터 10번 문항까지는 도시 내 VR 지질공원에 대한 방문목적 및 방문의향과 관련된 질문으로 '무료로 운영된다면 방문하겠다'는 응답자가 69%에 달해 VR 지질공원에 대한 방문의향 가능성은 긍정적으로 파악되었다. 다만 유료로 바꾸어 재질문했더니 방문의향 '있음'이 30%로 하락하였고 '잘 모르겠다'는 응답자가 44%였다.

방문목적과 관련하여 '어린 자녀가 있다면 교육 목적으로 가상 지질공원을 방문할 의사가 있는가'의 질문에 84%가 '있다'고 응답하였고, '거동이 불편한 가족이 있다면 직접 멀리있는 지질공원대신 VR 지질공원을 가겠는가'라는 질문에는 57%가 '있다'라고 응답하였다.

마지막 항목에서 설문자들은 '도시 내에서 체험할 수 있는 VR 가상 지질공원이 지질공원을 알리는 데에 긍정적 홍보효과가 있을 것 같은가'에 대하여 71%가 긍정, 20%는 잘 모르겠다, 9%는 소용 없을 것 같다고 응답하였다.

## 5. 토의 및 제언

### 5.1 지질공원의 모니터링을 위한 UAV와 SfM 알고리즘의 활용

지질공원은 단순히 지질학적인 가치만으로 지질

공원이 될 수 없으며(Woo, 2014) 문화와 같은 사람의 활동이 함께 수반되는 공간이다(Korean National Geopark, 2018). 따라서 지질공원은 자연적 변화와 사람에 의한 인위적 변형, 즉 훼손의 가능성이 공존하는 장소이기도 하다. 따라서 지질공원의 보존을 위해서는 지질공원의 다양한 변화를 탐지할 수 있는 주기적 모니터링이 수반되어야 한다.

본 연구의 결과에 의하면, SfM을 이용하면 UAV 이미지만으로도 고해상도의 3D 공간데이터 생성이 가능해 지질공원의 다양한 측량과 관찰을 가능하게 해주었다. 따라서 지질공원의 주기적 모니터링을 위한 UAV와 SfM의 활용은 관리공간 대비 인력과 예산이 부족한 지질공원의 모니터링을 위한 새로운 대안이 된다. 뿐만 아니라 이를 위해 오랜시간 축적된 공간자료들은 추후 지질학적 연구를 위해서도 의미 있는 자료로 활용 될 수 있다.

### 5.2 VR 가상 지질공원의 홍보효과 전망 및 개발 방향 제시

기존 지질공원의 인지도 조사연구(Ryu and Moon, 2016)는 조사대상이 지질공원이 속한 지자체지역 사람들이었으므로 일반 사람들의 인식은 알 수 없었지만, 본 연구의 설문을 통해 일반 사람들의 지질공원에 대한 인지도를 알 수 있었고 이는 매우 낮은 것으로 확인되었다(설문 3번 문항).

우리는 지질공원의 중요성을 널리 알리는 홍보수단 중 하나로 VR 지질공원을 제안하였고, 이것의 검증 위하여 홍보효과에 대한 전망과 방문의사를 질문하였는데 그 결과는 대체로 긍정적이었다(설문 7번, 11번 문항). 물론 VR 지질공원이 실제방문의 기능을 대신 할 수는 없지만 교육적 기능과(설문 8번 문항) 간접체험을 통한 홍보의 장으로써의 기능은 일정부분 담당 가능하다고 전망하였다.

하지만 지질공원 방문시 거리가 방문결정에 큰 영향을 주지는 않으므로(설문 6번문항) 사람들이 직접관람을 대신하여 VR 지질공원을 방문하지는 않을 것이다. 따라서 가상의 지질공원을 도심으로 이동시켜 '물리적 거리'를 좁혀준다는 접근보다는 빈번한 노출과 홍보로 '인식의 거리'를 좁혀 인지도를 높여주는 홍보개념으로 접근해 콘텐츠를 구성해야 한다.

VR 지질공원이 현실화 되면 홍보수단으로서는 공

정적이지만 수익창출의 수단으로는 적합하지 않으므로 국가적 홍보차원에서 무료로 운영되는 것이 바람직하다. 만약 가격을 유료로 한다면 지불의사가 있을만큼 합당한 콘텐츠가 충분히 포함되어야 한다(설문 7번, 10번문항 관련).

현실적으로 도시내 VR 지질공원 체험공간의 마련이 불가능하더라도 차선택으로 웹 서비스 등을 통해 지질공원을 현장감 있게 입체적으로 간접 체험할 수 있도록 하여 지질공원을 홍보하고 방문 의향을 환기시키면서 VR 지질공원을 단계적으로 구체화해 나가는 것도 하나의 대안이 된다.

### 5.3 데이터 교차활용 방안: 3D 데이터를 중심으로

UAV를 이용한 이미지 취득부터 SfM 포인트 클라우드의 생성, 솔리드 모델링까지 각 단계별 생성 데이터들을 정리하고 각각의 활용 가능성에 대해 그림 7과 같이 제시하였다. 사실상 두번째 SfM 적용단계만으로도 객체측량이 가능하고 충분한 데이터를 얻을 수 있지만, 3단계 솔리드 모델링까지 진행하면 데이터 가용범위가 더 넓어지게 된다. 즉, 차원을 높여갈수록 데이터 활용의 차원도 높아지게 되는데, 예를 들면 메쉬모델은 3차원 공간에 표출하여 3차원 시각화는 가능하지만 모델객체 자체는 체적의 개념

이 없는 2차원 모델이므로 넓이 추정만 가능하다. 반면 솔리드 모델은 부피측정이 가능한 3차원 모델로 무게중심이나 밀도와 같은 개념을 포함한 분석이 가능하여 다각적 활용이 가능하다(Park, 2017).

VR은 실존하지 않는 가상공간의 구현이라는 의미도 있지만 시공간을 초월해 실제장소를 다른 장소에 재현해준다는 의미도 있다. 따라서 지질공원을 VR로 도심에서 쉽게 접근할 수 있게 된다면 지질공원의 홍보 역할과 더불어 그간 관람 사각지대에 있었던 노약자, 어린이 및 장애인들에게도 경험의 기회를 열어주어 사회적으로도 긍정적인 기능의 수행이 가능하다(9번문항 관련).

그간의 연구들이 통계, 실험과 분석, 측량 위주였다면 최근에는 시각화분석 연구나 혹은 VR 고글과 같은 시각화장치를 이용한 연구(e.g., Jiménez Fernández-Palacios *et al.*, 2017)들이 점차 두각을 드러내고 있다. Ohno and Kageyama (2007)도 VR 고글과 같은 입체시각화 장치의 활용은 오늘날 큰 스케일의 지형학적 시뮬레이션을 수행하기 위해 필연적이라고 하였고, Kim *et al.* (2017)도 VR을 이용하면 현실감 있는 시각화 분석이 가능해 연구자들에게도 새로운 시각을 던져 줄 수 있다고 하였다. 앞으로 UAV와 SfM으로 생성된 3D 데이터 그리고 VR 장치의 활용은

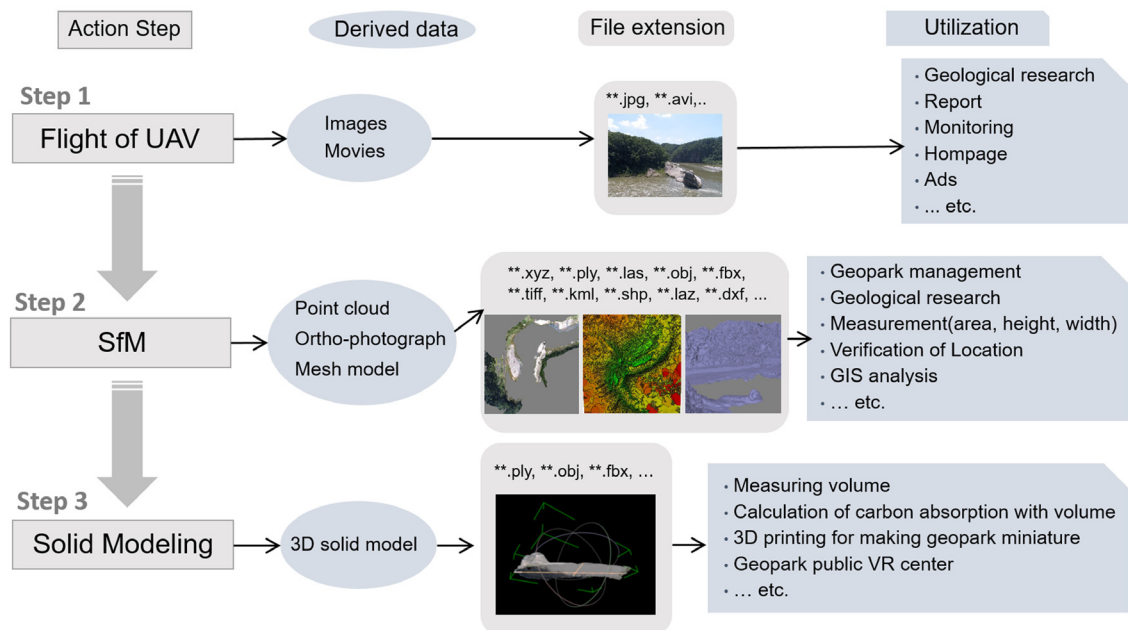


Fig. 7. Outputs of each steps, file formats, and applications.

지질공원 모니터링 및 홍보, 관련 연구에 긍정적 역할을 할 것으로 기대된다.

## 6. 결 론

지질공원의 보존은 주기적 모니터링과 국민적 관심을 기반으로 한다. 이를 위하여 UAV와 SfM로 3차원 공간정보를 생성하면 2차원 공간정보의 한계와 시간비용적 문제를 극복하여 손쉽게 지질공원의 지형지물을 측량할 수 있어, UAV와 SfM가 지질공원 모니터링을 위한 새로운 수단이 될 수 있음을 확인하였다. 또한 이를 위해 생성된 데이터들은 그간 지질공원의 문제점으로 지적되어 온 낮은 인지도의 해소를 위해서도 교차활용의 가능성이 있었고, 그중 3차원 공간정보를 이용한 VR 지질공원의 홍보 효과에 대한 가능성은 온라인 설문조사를 통해 입증되었다. 다만 설문조사가 VR 장비의 이동성 문제로 사진설명으로 대체된 것은 연구의 한계로 남는다.

앞으로 지질공원 및 지질관련 연구에 있어 UAV와 SfM 그리고 VR과 같은 시각화 장치의 활용은 지질공원 관리자들과 연구자들에게도 새로운 시각을 던져주어 지질분야의 발전에 기여할 것으로 전망한다.

## 감사의 글

이 연구는 국립공원관리공단에서 주최한 2017년 '제3회 국가지질공원 논문공모전'에서 최우수상을 받은 논문으로, 설문조사 부분을 추가하여 수정·보완한 것입니다. 논문 발표부터 수상 그리고 논문을 완성하기까지 아낌없는 지원과 독려를 해주신 국립지질공원사무국에 진심으로 큰 감사를 드립니다.

## REFERENCES

- Bergé, L.P., Aouf, N., Duval, T. and Coppin, G., 2017, Generation and VR visualization of 3D point clouds for drone target validation assisted by an operator. 2016 8th Computer Science and Electronic Engineering Conference, CEEC 2016 - Conference Proceedings, 66-70.
- Daum map, 2018, <http://map.daum.net> (July 30, 2018).
- Gong, L., Berglund, J., Saluäär, D. and Johansson, B., 2017, A Novel VR Tool for Collaborative Planning of Manufacturing Process Change using Point Cloud Data. *Procedia CIRP*, 63, 336-341.
- Hantangang River Geopark, 2015, <http://www.hantan-geopark.kr> (July 30, 2018).
- Jeon, I.J., 2017, <http://news.join.com/article/22206496#none> (December 15, 2017).
- Jeon, Y.M., 2016, General purpose and their implications for Geopark. *Journal of the Geological Society of Korea*, 52, 525-526 (in Korean with English abstract).
- Jiménez Fernández-Palacios, B., Morabito, D. and Remondino, F., 2017, Access to complex reality-based 3D models using virtual reality solutions. *Journal of Cultural Heritage*, 23, 40-48.
- Ju, S.O. and Woo, K.S., 2016, National Geoparks in Korea: Current status and their implementation. *Journal of the Geological Society of Korea*, 52, 587-607 (in Korean with English abstract).
- Kim, K., Carlis, J.V. and Keefe, D.F., 2017, Comparison techniques utilized in spatial 3D and 4D data visualizations: A survey and future directions. *Computers and Graphics (Pergamon)*, 67, 138-147.
- Kim, S.W., Kang, K.R., Cho, H.S., Kim, H.J., Son, M., Paik, I.S. and Kim, J.S., 2014, Geotourism of the Busan National Geopark. *Journal of the Geological Society of Korea*, 50, 43-60 (in Korean with English abstract).
- National Geoparks of Korea, 2018, <http://www.koreageoparks.kr> (April 19, 2018).
- Ohno, N. and Kageyama, A., 2007, Scientific visualization of geophysical simulation data by the CAVE VR system with volume rendering. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 163(1-4), 305-311.
- Park, H.K., 2017, 3D Measurement Method Based on Point Cloud and Solid Model for Urban Single Trees. *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(6), 1139-1149 (in Korean with English abstract).
- Ryu, W.S. and Moon, C.K., 2016, The analysis of survey on the awareness of National Geoparks. *Journal of the Geological Society of Korea*, 52, 561-574 (in Korean with English abstract).
- Smith, M.W., Carrivick, J.L. and Quincey, D.J., 2015, Structure from motion photogrammetry in physical geography. *Progress in Physical Geography*, 40(2), 247-275.
- UNESCO, 2016, <http://www.unesco.org> (July 15, 2017).
- Woo, K.S., 2014, Qualification and prospect of national and global geoparks in Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 50, 3-19 (in Korean with English abstract).

Received : June 28, 2018

Revised : August 29, 2018

Accepted : September 3, 2018