

수치항공사진을 이용한 도로설계시물레이션의 기초적 연구

The Basic Research of Road Design Simulation Using Digital Aerial Photos

오일오¹⁾ · 강호윤²⁾ · 최 현³⁾ · 강인준⁴⁾

Oh, Il Oh · Kang, Ho Yun · Choi, Hyun · Kang, In Joon

Abstract

This research is about applying aerial photos to three-dimensional simulation of road design. Instead of existing road design approach using digital map, which inexactly represent some part of topography and landmarks, digital aerial photos are applied to three-dimensional road design to address such inexactness of the map. First of all, ortho-photos are made using aerial photos, and a digital elevation model is created by extracting DEM. Then, by applying the coordinates practically using in planar design to three-dimensional approach, this model will be much helpful in the analyses of road route and viewscape. In addition, through the use of Virtual GIS, many evaluation factors such as urban design, flora, soil, water channel or road shape, flood plan are used for examination, and the effectiveness of applying three-dimensional simulation based on such route design standard is to be reviewed. In this paper, a basic research about three-dimensional design of structures is performed, and through the three-dimensional design, some effective determination to decision-making was carried out. Hereafter, it appears some research regarding environment-friendly construction and design should be followed.

Keywords : DEM, Simulation, VGIS

초 록

본 연구는 항공사진을 이용 3차원 도로설계 시물레이션을 적용하는데 그 목적이 있다. 기존의 수치지도를 이용한 도로설계 방법대신 수치지도에서 정확히 나타나지 않는 지형과 지물을 수치항공사진을 이용하여 3차원 도로설계에 적용하였다. 먼저 항공사진을 이용해서 정사사진을 만들고 DEM을 추출하여 수치표고모형을 생성하였다. 그리고 실제 평면 설계에 쓰이는 좌표값을 3차원설계에 적용함으로써, 도로 노선 및 경관분석에 많은 도움이 될 것으로 보인다. 또한 Virtual GIS를 이용하므로 도시계획, 식물, 토양, 수로 또는 도로형태, 홍수계획 등 많은 인자들이 평가에 사용되며 이러한 노선설계기준에 따라서 3차원 시물레이션을 적용하여 그 효과를 검토하고자 한다. 본 논문에서는 구조물 3차원 설계에 관한 기초적인 연구를 시행하였으며, 3차원설계를 통해 의사결정시 효율적인 판단을 할 수 있었다. 향후, 환경 친화적 시공 및 설계에 대한 연구가 이루어져야 될 것으로 판단된다.

핵심어 : 수치표고모형, 시물레이션, VGIS

1. 서 론

도로는 인류와 함께 발전하여, 현대의 자동차 시대에 필요한 고속도로에 이르기까지 근대화되어 왔다. 또한 생

산과 유통 등 경제적·정치적·문화적으로도 중요한 기능을 다하고 있으며, 특히 우리의 실생활에 있어서 매우 중요한 교통시설이다. 최근에는 자동차의 급격한 증가와 경제개발 계획의 중요사업으로 고속도로의 확장 및 지방 산

1) 학생회원 · 부산대학교 지형정보협동과정, 석사(E-mail:king98515@nate.com)
2) 연결저자 · 정희원 · 부산대학교 지형정보협동과정, 박사수료(E-mail:happy76@pusan.ac.kr)
3) 정회원 · 경남대학교 토목공학과 전임강사, 공학박사(E-mail:hchoi@kyungnam.ac.kr)
4) 정회원 · 부산대학교 토목공학과 교수, 공학박사(E-mail:ijkang@pusan.ac.kr)

업개발육성을 위한 도로의 신설, 관광도로 등이 많이 건설되고 있다. 도로의 효율적인 설계를 위하여 공사이전에 경관 및 환경을 고려한 최적노선설계에 대한 3차원 시뮬레이션은 매우 중요한 문제이다. 과거에는 공간데이터를 분석하기 위하여 각종 종이 지도 및 통계자료를 수작업으로 처리하여 분석하는 과정에서 많은 문제점이 발생하였다. 그러나 지리정보시스템(Geographic Information System : GIS)은 종래의 아날로그 데이터를 수치화하고 데이터 모델 및 데이터 구조를 표준화하여 컴퓨터 시스템으로 관리함으로써 이러한 종전의 문제점들을 해결할 수 있었으며, 3차원 지형공간정보 체계의 발달과 컴퓨터 하드웨어의 성능향상으로 인하여 기존의 2차원적인 지리정보를 3차원 그래픽, 카드, 가상현실분야 등에 이용하여 해석이 불가능한 공간분석 지형모델링, 시뮬레이션 등으로 해석할 수 있게 되었다.

따라서 본 연구에서는 항공사진을 이용 DEM을 생성함으로써 기존의 수치지도를 활용한 DEM과의 차이를 비교하고, 실제 도로설계 자료를 활용하여 3차원지형을 구축하여 이를 시뮬레이션으로 구축함으로써 시공 전에 노선의 경관분석과 이를 통해 얻는 효과를 검토하고자 한다.

2. 기본이론

2.1 정사영상

사진은 사진기 렌즈의 중심으로 투영되어 얻어지기 때문에 지형의 기복에 따른 변위가 포함되어 있으며, 또한 촬영 당시의 사진기 자세에 의한 피사체의 왜곡이 존재한다. 이러한 변위를 제거하여 지도와 같은 정사투영의 기하학적 특징을 가지는 사진을 제작하는 과정을 정밀편위수정이라 하며, 정밀편위수정을 거쳐 정사투영사진을 만든다.

정사영상은 지도의 기하학적 특징을 가진 영상을 나타내는 것으로 지도처럼 정확한 지리적인 위치의 파악뿐만 아니라 대상물간의 관측이 가능하다. 정사영상은 항공사진이나 위성영상을 이용하는 편위수정을 통해 생성되며 중심투영에 의해 발생하는 정사와 기복을 제거할 수 있다.

정밀수치편위수정은 인공위성이나 항공사진에서 수집된 영상자료와 수치고도모형자료를 이용하여 정사투영사진을 생성하는 방법으로, 수치고도모형의 자료가 입력용으로 사용되는가 출력용으로 사용되는가의 구분에 의해 직접법과 간접법으로 구분된다. 직접법은 주로 인공위성영상을 기하보정할 때 사용되는 방법으로 지상좌표를 알고 있는 대상물의 영상좌표를 관측하여 각각의 출력 영상

소의 위치를 결정하는 방법이며, 간접법은 수치고도모형자료에 의해 출력 영상소의 위치가 이미 결정되어 있으므로 입력 영상에서 밝기값을 찾아 출력영상소의 위치에 나타내는 방법으로 항공사진을 이용하여 정사투영영상을 생성할 때 주로 이용된다.

직접법을 적용하기 위해서는 식 (1)과 식 (2)를 이용한다.

$$X = (Z - Z_0) \frac{r_{11}(x - x_0) + r_{21}(y - y_0) + r_{31}f}{r_{13}(x - x_0) + r_{23}(y - y_0) + r_{33}f} + X_0 \quad (1)$$

$$Y = (Z - Z_0) \frac{r_{12}(x - x_0) + r_{22}(y - y_0) + r_{32}f}{r_{13}(x - x_0) + r_{23}(y - y_0) + r_{33}f} + Y_0 \quad (2)$$

간접법을 적용하기 위해서는 식 (3)과 식 (4)를 이용한다.

$$x = x_0 - f \frac{r_{11}(x - x_0) + r_{21}(y - y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(x - x_0) + r_{23}(y - y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad (3)$$

$$y = y_0 - f \frac{r_{12}(x - x_0) + r_{22}(y - y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(x - x_0) + r_{23}(y - y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad (4)$$

여기서, X, Y, Z : 지상좌표

X_0, Y_0, Z_0 : 투영중심

x, y : 영상좌표

x_0, y_0 : 영상좌표의 중심좌표

f : 초점거리

$r_{11}, r_{12}, \dots, r_{33}$: 회진행렬요소

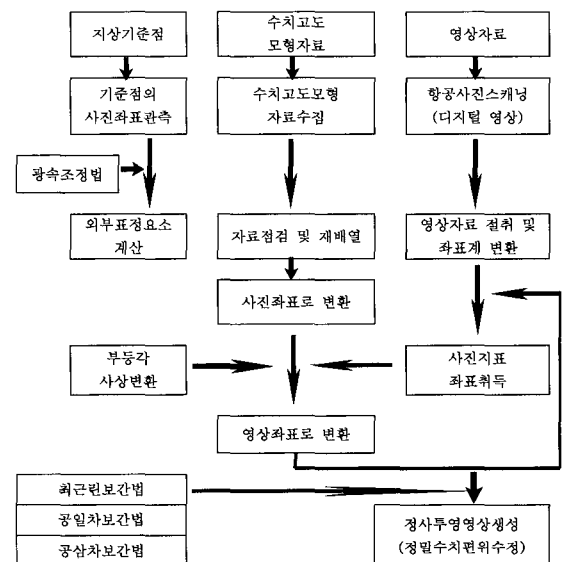


그림 1. 정밀수치편위수정 과정

그림 1은 정밀수치편위수정에 의한 정사투영영상 생성 과정을 나타내는 것으로 광속조정법에 의해 항공사진의 외부표정요소를 결정한다. 또한 수치고도모형은 영상정합표정과정을 통해 생성되며 공선조건식을 이용하여 생성된 수치고도모형자료로부터 사진좌표를 결정한다. 사진좌표는 다시 부등각사상변환(affine transform)에 의해 영상좌표로 변환되며 영상좌표의 밝기값을 보간에 의해 결정한 후 수치고도모형자료의 각 위치에 옮김으로써 정사투영영상을 생성하게 된다.

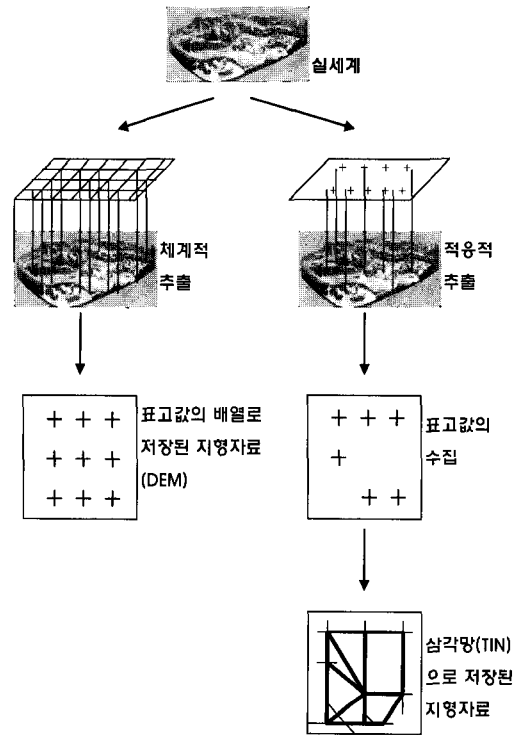


그림 2. 수치형자료의 추출과정

2.2 수치지형모델(DTM : Digital Terrain Model)

수치지형모델이라는 용어는 Miller와 La Flamme(1958)에 의하여 처음으로 소개된 것을 일반적으로 받아들이고 있다. 이들은 DTM을 “임의 좌표체계에서 X, Y, Z좌표로 주어진 많은 수의 점들에 의하여 연속적인 지표면을 통계적으로 표현한 모델”로 정의하였다. 지형자료의 획득을 위해서는 지구표면의 모든 점들을 기록하는 것이 불가능하기 때문에, 자료를 추출하는 과정이 필요하다. 수치지형자료를 추출하는 방법은 체계적과 적응적 추출법이 있다. 체계적인 지형자료의 추출에서는 규칙적인 공간간격으로 표고점들을 측정하게 된다. 그 결과는 DEM이라 불리는 행렬형태의 표고값이 된다. 적응적인 추출방법은 지형에서 대표성이 있는 점들을 선택하여 전체적인 표고값을 측정하는 것이다. 그 결과는 불규칙적으로 분포된 표고값들의 집합이다. 삼각망 구성방법은 표고값들을 저장하기 위한 공간적인 틀을 작성하는데 사용하기 때문에, 이 방법에 의하여 수집된 자료들을 TIN이라 부른다.

지형자료 추출을 위한 DEM과 TIN방법은 서로 독립적인 방법이 아니다. DEM과 TIN자료 상호간의 자료전환을 위한 방법이 개발되어 있다. 현재 대부분의 수치지형모델링 시스템들은 이 두 자료를 모두 입력자료로 받아들인다. 실제로, DEM과 TIN 중에서의 선택은 사용할 특정 GIS 또는 DTM응용소프트웨어에 있기보다는 다음에서 설명할 고려사항에 보다 주요점을 두어야 한다. 고려사항은 다음과 같다.

- 지형의 특성 : DEM추출방법은 지형의 특이점들을 포함하는데 있어 취약하므로, 지역적인 변화가 심한 복잡한 지형에서는 TIN방법이 적합하다.
- 모델링의 목적 : 공간분석(예:지도중첩)은 벡터 기반의 TIN자료보다는 격자기반의 DEM자료를 이용하여 수행하는 하는 것이 더욱 용이한 장점이 있는 반면,

TIN방법을 이용하면 보다 정확한 결과를 생산할 수 있다.

- 특별한 적용의 필요성 : 정사사진의 제작과 같은 적용에서는 DEM자료가 보다 효과적인 반면에, 음영기복도의 생성과 같은 적용에서는 TIN자료가 더 적합하다.
- 자료의 획득방법 : DEM방법은 사진측량에 의한 자동 디지털이징에 의하여 지형자료를 획득하는 데 가장 적합하며, TIN방법은 지도 디지털이징과 현장측량에 의하여 효과적으로 수집된 지형자료에 적합하다.

3. 도로 시뮬레이션 데이터 구축

본 연구에서는 최신 항공사진(2001.12.3)을 이용해서 수치표고모델(DEM)을 생성하였다. 기존의 수치지도를 활용한 수치표고모델의 생성은 등고선을 이용하여 생성하기 때문에 건물이나 기타 지형들을 상세하게 표현하기에는 한계가 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 최근의 항공사진을 이용하여 3차원 지형표고자료를 추출하는 것이 현실적으로 타당한 도로설계이다.

따라서 본 연구에서는 Intergraph의 수치사진측량시스

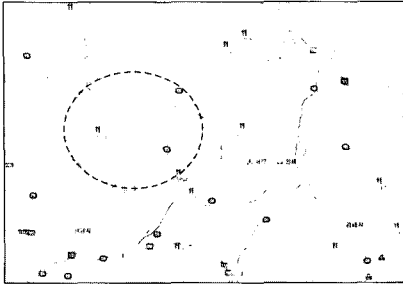


그림 8. 연구대상지역

표 1. 항공사진정보

대상지역	경상남도 창원시 북면
사진축척	1 : 20,000
초점거리	153mm
촬영고도	3070.54m
촬영카메라	RMK TOP 15
촬영년도	2001. 12. 3
자동독취기 기종	Intergraph PhotoScan TD

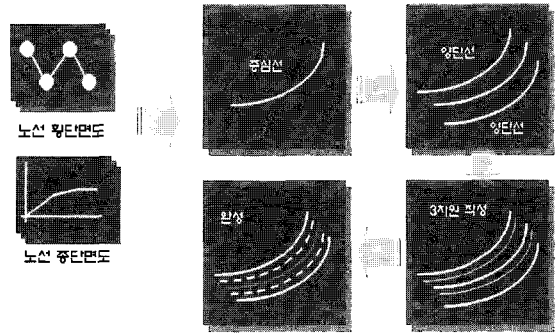


그림 9. 도로지역의 3차원 구성절차

표 2. 설계도로의 제원

구분	적용
설계속도	80km/h
차선폭	3.5m
중앙분리대	1.5m
측대	0.5m
길어깨	2.0m
차선도로	4차선

림 8)으로서 도로시설의 낙후와 교통량의 증가로 인한 신도로 개설계획이 수립된 곳이다. 따라서 3차원 시뮬레이션을 적용함으로써 도로 완공 시 시공이전의 설계와 비교할 수 있으며, 주거지역 및 상업지역의 환경변화와 교통량변화를 분석할 수 있어 연구지역 노선으로 선정하였다.

그림 7는 연구대상지역의 항공사진(1:20,000)이며, 표 1은 본 연구에서 이용한 항공사진 정보에 대한 것이다.

4.2 3차원 구조물 및 도로노선설계

본 연구에서 선정된 노선에 대한 설계 후의 효과를 판정하고자 AutoCAD Land DeskTop을 이용하여 도로의 평면선형 및 종단선형, 확폭, 시거, 편경사 등을 고려하여 설계하였다. 그림 9는 도로지역의 3차원 구성절차이다. 도로형상의 생성에서 폴리곤의 간격은 종방향의 커브가 심한 곳은 간격을 좁게 변화가 적은 곳은 넓게 하는 것이 이상적이다. 따라서 본 연구에서는 변화가 적은 구간은 20m 간격으로 하였고, 변화가 큰 구간은 10m 간격으로 설정하였다.

도로와 관련된 여러 가지 부대시설 이른바 가로등, 가로수, 중앙분리대, 펜스, 가드레일 등을 실좌표 설계도와 도로법을 준용하여 구성하였다.

관측시점에서 멀리 있는 구조물은 작게 보이므로 화면상 대응하는 픽셀수가 적어 상세한 모델을 사용하여도 정

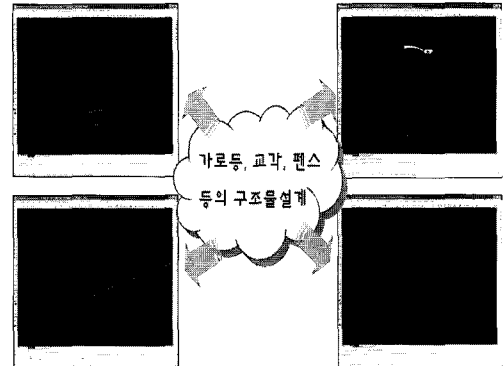


그림 10. 구조물의 설계

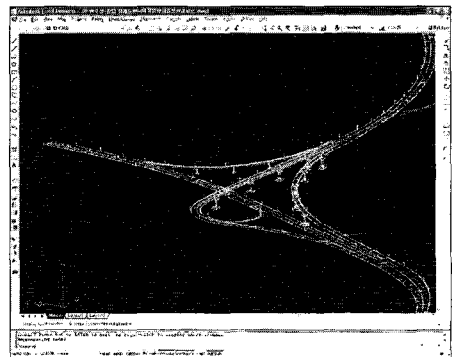


그림 11. 연구대상지역의 전체모습

밀한 묘사는 필요가 없다고 보았다. 캐드로 작성한 구조물의 데이터는 실제건물과 똑같이 입력하기에는 용량과 작업량이 방대해 지므로 각 구조물의 세부 구조는 간단히 구성하였다. 다음의 그림 10은 설계된 구조물모습이며, 그림 11은 지형과 설계된 노선의 전체모습이다.

4.3 렌더링

렌더링이란 정교한 모델링에 입체감과 현실감이 넘치는 여러 가지 재질과 사진을 덧씌워 원하는 영상물을 컴퓨터가 계산하는 절차이다. 그림 12는 3DMAX6.0을 이용하여 렌더링한 결과 모습으로 실제지형과 유사하게 표현이 되었다.

4.4 3차원 시뮬레이션 적용 및 고찰

본 연구에서는 Virtual GIS를 이용하여 시뮬레이션을 구축함으로써, 시공 이전 단계에서 시공후의 실제 도로에서 주행하는 것과 같은 주행 시뮬레이션을 구축하였다. 그림 13과 그림 14은 각각의 주행경로를 설정하여 시뮬레이션 작업을 실시한 것으로 실제도로를 운행하는 것처

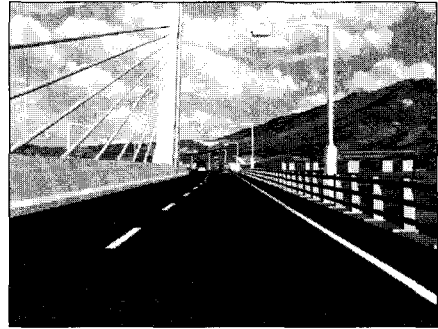


그림 14. 도로경관(B)

럼 사실감 있는 효과를 얻을 수 있다. 따라서, 경관분석을 통해 노선설계상의 문제점 파악이 가능하였으며 친환경적 도로설계가 가능 할 것이라 판단된다.

본 연구에서는 노선설계를 위해서 AutoCAD LDT를 사용하였는데, 작업량이 방대하다보니 시간의 소요가 컸다. 그러나, 3차원 노선설계 프로그램인 Inroads나 GIS Application 보다는 더 나은 Display를 보여주었다. 또한 경제적, 기술적, 사회·환경적 요소들을 중요시하여 산출하며 각각의 가중치를 쉽게 변화할 수 있어서 예상민원에 대한 대처 방안이 쉬우며 3차원 Virtual GIS를 사용함으로써 친환경적이고 경관 시뮬레이션 및 시각적 영향을 쉽게 예측할 수 있었다. 실제 설계한 노선과 비교하여 도로 선정에 있어서 실시설계에 세부적인 사항들이 충분히 고려된다면 GIS를 이용한 최적노선 선정의 활용도가 더욱 높아 질 수 있을 것이라 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 수치항공사진과, Virtual GIS 기법을 적용한 3차원 도로설계에 관한 연구로서 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 항공사진을 이용하여 수치표고모델을 생성함으로써 수치지도를 활용한 것보다 건물, 하천 등의 지형지물들을 세밀하게 표현할 수 있었다.

둘째, 기존의 2차원 설계에서는 평면적인 선형과 구조물의 형상을 이해하는데 어려움이 있었지만, 구조물을 3차원으로 가시화함으로써 구조물 파악이 용이함을 알 수 있었다.

셋째, 3차원 도로 시뮬레이션을 실시한 결과 도로 준공 후에야 알 수 있는 도로설계상의 문제점을 시공 전에 예측 가능하였으며, 사전의 경관분석을 통해 친환경적인 도

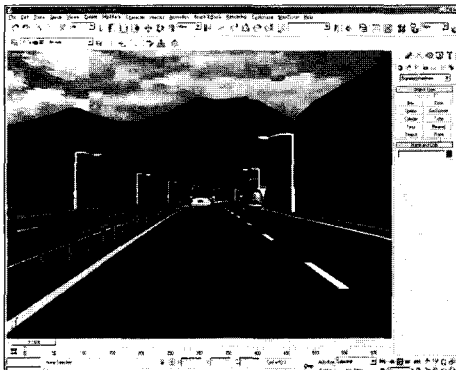


그림 12. 도로노선과 지형의 모습



그림 13. 도로경관(A)

로설계가 가능하였다.

본 연구에서는 도로선형 및 구조물 3차원 설계에 관한 기초적 연구를 시행하였으며, 최신항공사진을 이용함으로써, 지형지물에 대해 더 나은 결과를 가져왔다. 향후, 의사결정시 효율적인 판단이 예상되며 노선 선정 업무에 활용하여 추후 도로 관리 시스템에도 활용 할 수 있을 것이라 판단된다. 그리고 노선 및 구조물의 상관관계를 이용한 일조권 분석 또는 환경 친화적 시공 및 설계에 관한 연구를 바탕으로 한 Web지원시스템이나 VRML을 통한 활발한 연구가 이루어져야 될 것으로 판단된다.

참고문헌

강인준, 최현, 이병걸 (2001), 3차원 지형공간정보 체계를 이용한 도로설계 시뮬레이션, 대한토목학회지, 제 21권, 제 2-D호, pp. 201-207.
강인준, 최현, 박창하 (2001) 수치지도와 지형정보를 이용한 VGIS구축에 관한 연구, 한국측량학회지, 제 19권, 제 4호, pp. 331-339.
건설교통부 (2000), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 기문당.

유복모 (1998), 지형공간정보론, 동명사.
김성철, 류승택, 안충현 (1997), 3차원 지형 모델링을 이용한 지형분석 모듈 개발에 관한 연구, 제25회 정보과학회학술발표회 논문집, 정보과학회, pp. 368-370.
강인준 (2003), 측량지형정보공학 II, 문운당, pp. 38-39.
임대현, 김재근 (2000), Web 3D를 이용한 가상현실 구축하기, 가남사.
유복모, 토니 쉥크 (2003), 현대 디지털 사진 측량학, (주)피어슨 에듀케이션 코리아.
김준식, “3차원 지형정보를 이용한 지형영상의 정합기법”, pp. 13-27, 대한원격탐사학회지(1991-03):Vol. 7, No. 1.
한능우, 한순홍, “인터넷에서 VRML을 이용한 DEM의 3차원 가시화”, pp. 189-195, 한국GIS학회지(1996):Vol. 4, No. 2.
캐드랜드, 지리정보시스템(GIS)의 이해, 1994, pp. 502-504.
David Koller, Peter Lindstrom, William Ribarsky, Larry F. Hodges, Nick Faust and Gregory Turner (1995), Virtual GIS : A Real-Time 3D Geographic Information System. Proceedings of Visualization '95. GVU Technical Report 95-100.
Kam w. Wong, “Accuracy of Earthwork Calculation from Digital Elevation Data”, PE & RS, 48(1), pp. 103-109, 1983.etudes dautoroutes, Bfulletin No. 27, 1967.
Kam w. Wong, “Accuracy of Earthwork Calculation from Digital Elevation Data”, PE & RS, 48(1), pp. 103-109, 1983.

(접수일 2006. 11. 28, 심사일 2006. 12. 16, 심사완료일 2007. 4. 13)