

3차원 수치지도 생성을 위한 지형공간 데이터 모델링

Geospatial Data Modeling for 3D Digital Mapping

이동천¹⁾ · 배경호²⁾ · 유근홍³⁾

Lee, Dong-Cheon · Bae, Kyoung-Ho · Ryu, Keun-Hong

Abstract

Recently demand for the 3D modeling technology to reconstruct real world is getting increasing. However, existing geospatial data are mainly based on the 2D space. In addition, most of the geospatial data provide geometric information only. In consequence, there are limits in various applications to utilize information from those data and to reconstruct the real world in 3D space. Therefore, it is required to develop efficient 3D mapping methodology and data format to establish geospatial database. Especially digital elevation model(DEM) is one of the essential geospatial data, however, DEM provides only spatially distributed 3D coordinates of the natural and artificial surfaces. Moreover, most of DEMs are generated without considering terrain properties such as surface roughness, terrain type, spatial resolution, feature and so on. This paper suggests adaptive and flexible geospatial data format that has possibility to include various information such as terrain characteristics, multiple resolutions, interpolation methods, break line information, model keypoints, and other physical property. The study area was categorized into mountainous area, gently rolling area, and flat area by taking the terrain characteristics into account with respect to terrain roughness. Different resolutions and interpolation methods were applied to each area. Finally, a 3D digital map derived from aerial photographs was integrated with the geospatial data and visualized.

Keywords : Multi-resolution DEM, Model keypoint, 3D digital map

초 록

최근 실세계를 재현하기 위한 3차원 기술개발의 필요성과 요구가 증가하게 되어 이러한 요구를 충족하기 위해 실세계 재현에 대한 연구가 국내외적으로 활발히 진행되고 있다. 기존에 구축된 공간분석을 위한 데이터는 2차원을 목적으로 제작되었으며 이는 3차원의 현실세계를 반영하는데 한계성이 있다. 또한 데이터 활용성이 제한적이며 데이터 재생산은 비용과 시간의 측면에서 비효율적이므로 기존의 데이터를 활용하여 효과적으로 3차원의 현실세계를 재현할 수 있는 방법에 대한 연구의 필요성이 증대되었다. DEM(Digital Elevation Model: 수치표고모델)은 활용 분야별로 다양한 요구조건을 만족하는 개별적인 방법으로 제작되어 활용되며 기존의 DEM 제작은 일률적인 보간법과 해상도로 제작되므로 데이터의 효율성이 떨어진다. 이는 실세계를 반영하기 위한 정확성에서의 한계성을 가지므로 다양한 데이터를 포함하면 효율성을 높일 수 있다. 본 연구에서는 지형분석을 통해 산악지, 구릉지, 평지로 분류 하여 서로 상이한 보간법과 해상도로 다중해상도 DEM을 생성하였고 지형의 특성을 대표하는 model keypoint 데이터를 생성하여 포함하였다. 또한 3차원 공간정보를 포함하는 데이터 융합을 위해 도화원도와 통합하여 포괄적, 적응적 및 융통적 지형공간 데이터 모델링을 방안을 제안하였다.

핵심어 : 다중해상도 수치표고모델, 모델 키포인트, 3차원 수치지도

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

DEM은 도시계획, 도로건설 계획, 수해지역 예측 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며(예철수 등, 2000) 기존의 DEM 포맷은 공간좌표(XYZ)의 정보만을 포함하고

있다(국토지리정보원, 2002). 다양한 분야에서 활용성이 용이한 공간분석 데이터가 되기 위해서는 공간 데이터와 속성정보를 추가적으로 제공해야 한다. DEM에 포함되어야 할 정보는 다중해상도, 다중보간법, 원시 데이터 획득방법, 지역별 지형분석, 불연속선 정보 및 기타 특성정보를 추가하여 데이터의 처리결과와 융합된 정보를

1) 정희원 · 세종대학교 지구정보공학과 교수(E-mail:dclee@sejong.ac.kr)
 2) 정희원 · 대한측량협회 측량정보기술연구원 선임연구원(E-mail:khbae@kasm.or.kr)
 3) 교신저자 · 대한측량협회 측량정보기술연구원 연구원(E-mail:khryu@kasm.or.kr)

제공하면 다양한 분야별로 요구되는 데이터를 효과적으로 이용할 수 있다.

그러므로 효율적인 방법을 통해 보다 높은 정확도와 효과적인 DEM을 생성하고 다양한 정보를 추가하여 융통성 있는 통합적인 포괄적 지형공간 데이터를 생성하여 제공하면 기존의 DEM보다 활용 분야 및 목적별로 효율성을 증대시킬 수 있는 지형공간 분석 데이터의 생산이 가능할 것으로 판단된다.

기존에 제작되고 있는 DEM의 제작은 일률적인 보간법과 해상도로 제작되므로 데이터의 효율성이 떨어진다. 이는 실세계를 반영하기 위한 정확성에서의 한계성을 가지므로 데이터 제작 시 다양한 데이터와 방법을 적용하면 보다 효율적인 데이터 생성이 가능할 것으로 판단된다. 효율적인 방법을 통해 보다 높은 정확도와 효과적인 DEM을 생성하고 다양한 정보를 포함하는 융통성 있는 통합적인 포괄적 지형공간 데이터를 생성하여 효율적이고 실용적인 데이터 생성에 목적이 있다.

1.2 연구방법 및 연구범위

포괄적인 지형분석 데이터를 생성하고 정확도 향상과 효율성을 위해 DEM 생성 시 지형을 분석하고 분류하여 지형적 특성에 따라 서로 다른 해상도와 보간법을 적용하였으며 model keypoint와 건물, 도로 레이어를 추가하여 통합하였다. 연구지역에 대해 지형분석을 통해 산악지, 구릉지, 평지로 분류하였으며, 분류된 지역을 지역의 특성에 적합한 보간법을 적용하고 데이터 용량의 효율성을 위해 각각의 지형별로 상이한 해상도를 적용하였다. DEM의 해상도는 격자간격에 의해 결정되며 지형의 기복이 큰 지역에는 고밀도의 데이터로, 기복이 작은 지역에는 저밀도의 데이터로 제작된다(양인태 등, 1997).

본 연구는 그림 1과 같은 과정으로 진행 하였으며, 지형의 특성을 고려하여 산악지와 같은 지형이 형태가 복잡한 지역에서는 고해상도를 적용하고 평지와 같은 지형이 단순한 지역에서는 낮은 해상도를 적용하였다. 다중 해상도와 다중 보간법을 이용하여 생성된 DEM에 추가적으로 model keypoint 데이터를 생성하여 포함하였다.

Model keypoint는 보간을 통한 격자형식의 DEM을 제작하기 이전의 데이터로부터 지형의 특성을 표현하고 유지하는 중요한 데이터로서 추가적인 데이터로 이용하여 DEM의 정확도를 향상시킬 수 있다. 또한 3차원의 공간정보를 포함하는 데이터의 융합을 위해 수치지도의

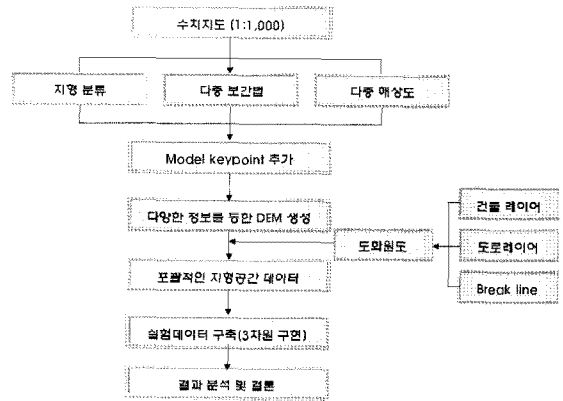


그림 1. 연구과정

원시 데이터인 도화원도로부터 건물 레이어와 도로 레이어, 하천 레이어를 DEM과 하나의 데이터로 통합하여 포괄적인 3차원 지형공간 데이터를 생성하였다.

2. 융통적 DEM 생성

2.1 대상지역 및 데이터

연구 대상지역은 대전광역시의 대덕구 일원으로 지형이 산악지, 구릉지, 평지, 도심지로 구분되며 지형의 특성별로 고루 분포한 지역을 선정하였다. 연구지역의 면적은 1996km²으로 1:1,000 수치지도의 4도엽에 해당한다. 그림2는 연구지역에 대한 수치지도이다.

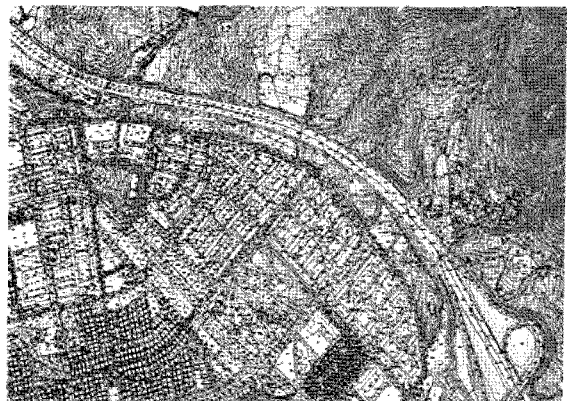


그림 2. 사용된 데이터(1:1,000 수치지도)

DEM을 생성하기 위한 방법으로는 지상측량, 종이지도, 수치지도, 항공사진, 위성영상 및 LiDAR 데이터를

이용하는 방법이 있으며 본 연구에서는 수치지도의 등고선과 표고점 데이터를 이용하여 DEM을 생성하였다. 표고데이터 추출은 Auto CAD의 LISP을 이용하여 등고선 레이어와 표고점으로부터 vertex에 대한 3차원 좌표 (X,Y,Z)를 추출하고 ArcGIS를 이용하여 shape 포맷으로 변환하여 사용하였다. 그림3은 추출된 표고데이터를 나타낸다.



그림 3. 표고데이터 추출

2.2 지형분류

지형 분류는 지형의 특성에 따라 지표를 분류 한 것이며 지형의 특성에 따라 다른 해상도를 적용하여 DEM을 제작하기 위한 선행과정으로 연구지역에 대해 산악지, 구릉지, 평지로 분류하였다. 지형을 분류하는 방법으로는 정성적인 방법, 정량적인 방법 및 두 방법의 혼합하여 분류하는 방법이 있다. 정성적인 방법은 대상지형을 전반적으로 파악하여 육안에 의해 하는 것으로 주관적인 판단에 의하며, 정량적인 방법은 지형의 기복 상태를 수치적인 방법으로 객관적인 판단이 가능하다(유복모 등, 1989). 연구 대상지역은 산악지와 구릉지, 도심지가 골고루 분포한 지형으로 그림 4와 같이 단면도를 작성하고 경사도와 기복 상태를 고려하여 지표를 분류하였다.

산악지는 평지와 구릉지에 비해 기복의 변화가 크며 경사가 급한 사면을 의미하며, 구릉지는 경사각이 약 5°의 완만한 기복을 이루고 있는 지형을 의미한다. 평지는 기복의 변화가 거의 발생하지 않으며 도심지 또한 평지로 분류하였다.

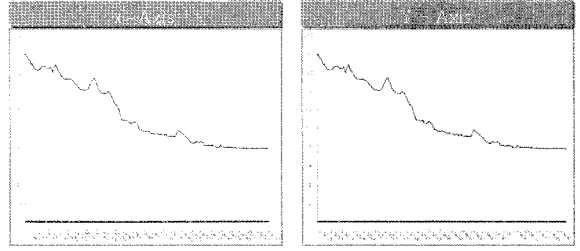


그림 4. 지형의 단면도 작성

2.3 다중보간법

지역별 지형의 특성에 적합한 보간법은 점진적 보간법(progressive interpolation)을 포함하고, 획일적이고 일률적인 보간법에 의존하지 않으며 효율적이고 지적인 보간법(intelligent interpolation) 적용이 가능한 정보를 제공하는 것이 목적이다.

격자형으로 얻어진 자료에 대한 적절한 보간법은 필수적인 데이터 처리과정이며 재현된 지형이 실제 지형에 가장 접근할 수 있는 보간법이 요구된다(김갑래 등, 2003). 지형의 기복상태는 복잡하고 다양하므로 지형의 특성에 따라 가장 적합한 보간법이 적용되어야 한다(유복모 등, 1989).

본 연구에서는 kriging 보간법과, 최근린(Nearest neighbor) 보간법, 역거리 가중(Inverse distance weight: IDW) 보간법을 적용하여 DEM을 생성하였다. 그림5는 지형 특성별 다중 보간법 적용을 위해 상이한 보간법을 적용한 예이다.

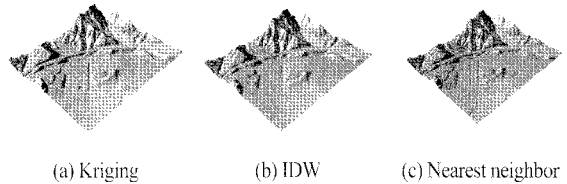


그림 5. 다중 보간법 적용

시각적인 비교를 통해 산악지와 구릉지는 Kriging 보간법, 평지에 대해서는 IDW 보간법이 지형의 특성에 적합하다고 판단된다.

2.4 다중해상도 DEM

기존의 DEM은 상세한 표현이 필요한 지역과 상세한 표현이 필요 없는 지역을 동일한 해상도로 제작하므로

데이터의 효율성이 떨어진다. 다중해상도 DEM은 TIN 생성 시 요구되는 삼각망 및 노드를 감소시킬 수 있으며, 지형모델의 시각적인 측면에서 유사한 결과를 유지할 수 있다(Schilling, A et, 2003). 다중해상도의 DEM을 제작하기 위해서 지형의 특성을 고려하여 상이한 점 간격을 적용하여 제작한다. 해상도가 낮은 DEM은 데이터 용량이 작은 장점은 있으나 지형을 효과적으로 표현하지 못하는 단점이 있다(이근상 등, 2002). 그러므로 기록 범위가 큰 지역은 고밀도의 데이터로 작은 지역에 대해서는 저밀도의 데이터로 제작한다.

기존 국내 DEM 제작 시 수치표고자료의 격자간격은 명확한 한계와 기준이 정확하게 명시되지 않으며 활용 분야 별로 필요한 정확도의 DEM을 지형 및 제작 목적에 따라 5m×5m, 10m×10m 또는 그 이상의 격자간격으로 제작하는 것을 원칙으로 하고 있다(수치표고자료 구축에관한작업규정). 본 과정에서 생성하는 다중해상도 DEM은 더욱 상세한 표현을 위해 산악지는 2m해상도, 구릉지는 5m, 평지는 10m의 해상도를 적용하여 그림 6과 같이 다중해상도의 DEM을 생성하였다.

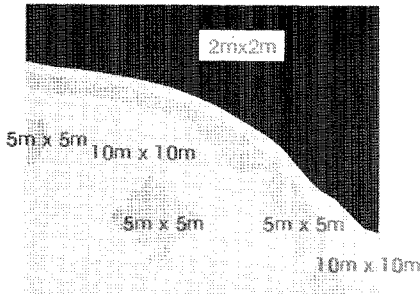


그림 6. 다중해상도 DEM

다중해상도의 DEM은 지형의 특성에 따라 지표의 형태를 효율적이며 정확하게 반영할 수 있다. 또한 데이터의 용량은 데이터 처리의 속도에 영향을 미친다. 본 연구에서 생성된 2m 규칙격자의 DEM의 경우 용량이 약 16MB이며 5m, 10m 격자간격의 DEM은 약 2.4MB, 618KB 였다. 다중해상도 DEM은 약 5.7MB로써 2m 격자간격의 DEM보다 50% 이상의 저장용량을 감소할 수 있었다. 그러나 데이터 해상도의 측면에서 효율적으로 표현되므로 각각의 DEM과 비교하여 해상도 및 용량의 측면에서 효율적인 데이터로 판단된다.

표 1. DEM 종류별 데이터 용량

DEM 분류	Points 개수	데이터 용량(kb)
2m DEM	345,600	16,195
5m DEM	55,552	2,456
10m DEM	14,061	618
다중해상도 DEM	150,325	5,762

2.5 Model keypoint

Model keypoint는 지형의 특성을 반영하여 점간의 거리 및 기록의 변화량을 기반으로 데이터 손실을 최소화하여 효과적으로 추출된 중요한 특성점이다. Model keypoint의 선정은 선택영역, 점간의 거리 및 기록의 변화량을 기반으로 한다(이동천 등, 2005). 본 연구에서는 등고선과 표고점 데이터로부터 지형의 특성을 고려하여 점간의 거리 20m 범위에서 상이한 높이차 즉 산악지 1m, 구릉지 5m, 평지 15m가 발생하는 점을 model keypoint로 추출하였다(그림 7참조).

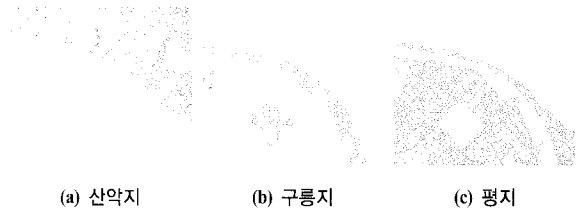


그림 7. Model keypoint 추출

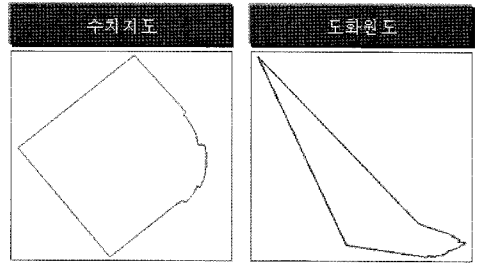
추출된 model keypoint는 DEM에 추가적인 데이터로 포함하면 지형을 더욱 정확하게 표현 할 수 있으며 정확도 향상이 가능하다.

지형분류, 다중해상도, 다중 보간법을 통해 생성된 데이터와 추출된 model keypoint로 DEM 데이터를 생성하였다. 생성된 DEM에는 각각의 과정에서 생성된 데이터에 대해 표 2와 같이 각각의 point에 해당하는 정보의 이력을 기록하여 데이터의 활용 시 선택적으로 사용할 수 있다. 생성된 DEM에 추가적으로 LiDAR 데이터의 intensity 정보, 위성영상, GPS 등과 같은 다양한 정보를 추가하면 활용성을 증대시킬 수 있다(표2 참조).

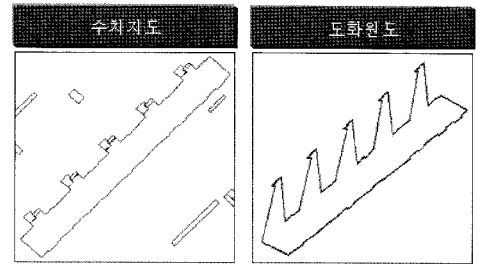
표 2. 생성된 DEM 데이터 형태

DEM파일명	DEM파일명	DEM파일명	DEM파일명	DEM파일명
240494_482357	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_558769	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_557044	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_648184	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_661922	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_661537	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_660153	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_698769	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_657669	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_649511	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_697807	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_648184	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_674339	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_784594	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_774379	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_751842	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_729316	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_606077	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_648184	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_061598	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_02	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_02	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_02	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_02	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_05	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_01	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_37	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871
240494_38	240494_510871	240494_510871	240494_510871	240494_510871

하는 경우에는 각 지점의 코너에 부점정위(On the ground)시켜 묘사하는 도화방법에 의해 발생하는 오류이다(국토지리정보원, 2005). 그림9는 도화원도의 건물에서 발생하는 오류의 예를 보여주고 있다. 이러한 오류는 다양한 방법으로 수정될 수 있다(이동천 등, 2005).



(a) 유형 1



(b) 유형 2

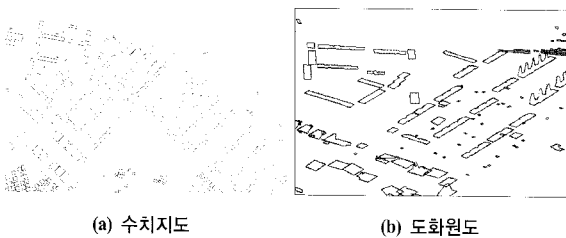
그림 9. 도화원도의 오류

3. 포괄적 지형공간 데이터 생성

3.1 도화원도

선행과정에서 생성된 DEM에 불연속선 정보와 건물 및 도로를 추가하여 공간분석을 위한 포괄적인 지형공간 데이터 모델링을 제안하기 위해 수치지도와 동일한 형태의 데이터를 생성하였다. 또한 데이터의 재생산 과정에서 소요되는 시간과 비용을 효율적으로 절약하기 위하여 도화원도를 활용하였다.

도화원도는 수치지도의 원시데이터로 모든 레이어에 대해 3차원의 속성을 포함하고 있으므로 도화원도의 건물 레이어를 이용하여 신속한 3차원 표현이 가능하며 도로 및 하천 레이어를 이용하여 지형의 불연속선 정보로 활용할 수 있다. 그림 8은 도화원도와 수치지도를 보여주고 있으며, 수치지도는 2차원 데이터인 반면 도화원도는 3차원 수치지도이다.



(a) 수치지도 (b) 도화원도

그림 8. 수치지도와 도화원도 비교

도화원도는 모든 레이어에 대해 3차원 위치정보를 포함하고 있으나, 복잡한 구조의 건물은 동일한 건물에 대해 상이한 높이가 발생한다. 이는 건물의 각 코너점에 대해 상단을 정확히 묘사하며 층수의 변동에 높이가 변

3.2 공간정보 데이터 통합

공간정보 데이터를 통합하기 위해 선행과정에서 생성된 DEM과 도화원도를 이용하여 하나의 종합적인 데이터로 통합하였다. 도화원도는 3차원의 정보를 포함하고 있으므로 선행과정에서 생성된 DEM 데이터와 도화원도의 건물 및 도로의 레이어와 통합하여 사용하면 공간정보 분석을 위한 포괄적인 데이터 생성이 가능하다. 통합된 데이터는 벡터 데이터 형태로 점, 선, 면으로 구성되며 DEM과 model keypoint는 점의 형태이고 불연속선과 건물 및 도로는 선의 형태를 갖는 데이터이다(그림 10 참조).

점 형태의 자료는 XY좌표를 기준으로 하는 도형자료와 문자의 속성자료로 구분되어 있는 평면의 도형정보이므로 3차원의 정보를 부여하기 위해 Feature Class로 변환하였다. 그림 11은 변환된 점 데이터를 보여주고 있다.

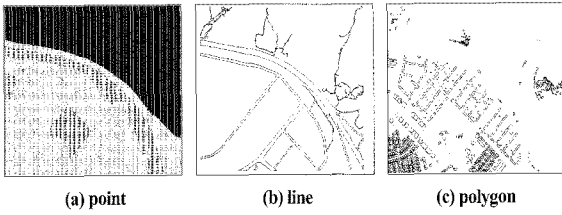


그림 10. Vector 자료의 형태



그림 11. Feature Class 변환

용통적인 DEM 생성과정에서 생성된 데이터와 도화원도를 이용하여 공간정보 분석을 위한 다양한 데이터를 통합한 포괄적인 지형공간 데이터 모델링을 제안하였으며 이는 그림 12와 같다.

포괄적인 공간정보 데이터의 레이어는 다중 해상도(2m,5m,10m) DEM과 model keypoint, 도화원도의 건물, 도로 및 불연속선 레이어로 구분된다. 포괄적인 지형공간 데이터 모델링 시 데이터의 속성이 손실되므로 이는 메타데이터를 포함하여 데이터에 대한 정보를 제공할 수 있다. 메타데이터에 포함될 항목으로는 원시자료, 수치표고자료 규격, 보간법, model keypoint의 취득방법, 불연속선에 대한 정보, 정확도 등이다(그림 13참조).

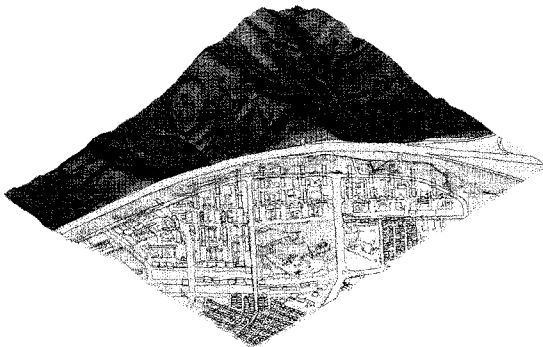


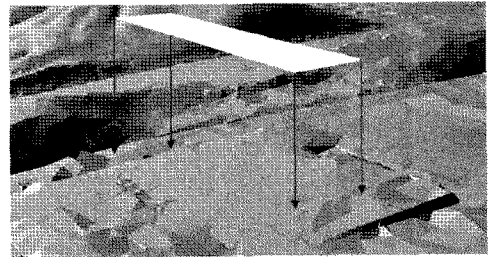
그림 12. 포괄적인 지형공간 데이터 모델링

1. 원시자료 : 1/1,000 수치지도
2. 원시자료 형식 : ASCII, DXF
3. 원시자료 제작년월일 : 2006. 11. 29
4. 수치표고자료 규격 (가로×세로) : 2m×2m(산악지) 5m×5m(구릉지) 10m×10m(평지)
5. 단위(좌표, 표고) : m
6. 보간 방법 : 사각지(Kriging) 구릉지(Kriging) 평지(IDW)
7. 좌표계의 평면 X, Y 좌표 : 239214.70, 3166434.37
8. 수평단의 평면 X, Y 좌표 : 240489.42, 319510.62
9. 좌표계 : 평면직각좌표계
10. 기준타원체의 투영법 : 윗셀, TM
11. 원점(중위도) : 중부원점(북위38도, 동경127도)
12. Model keypoint: 수치지도(등고선 표고형)
13. Break line: 도화원도(도로, 하천 레이어)
14. 정확도(1.96×RMSE) : 0.32m
15. 제작지(면역치 포함)
16. 발행지(면역치 포함)
17. 참고사항
18. 예비

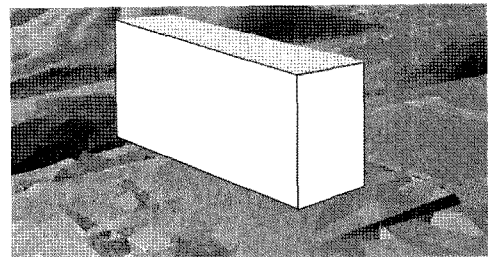
그림 13. 메타데이터

4. 지형공간 데이터를 이용한 3차원 지도

생성된 데이터는 3차원의 공간좌표를 포함하고 있으므로 이를 직접 이용하여 효과적으로 3차원 공간데이터를 구축하였다. 생성된 데이터의 각각의 레이어는 지형 및 지물에 대해 대표성을 가지는 데이터로서 DEM, model keypoint, 불연속선 레이어를 이용하여 지형 및 지물을 효과적으로 표현하였다. 불연속선은 표고 또는 경사가 급격히 변하는 경계선으로서 보간 수행시에서 제외시키므로 실제 지형 및 지물의 정확한 묘사가 가능하며, 건물 레이어는 건물의 3차원 모델링에 활용하였다.



(a) 수직선 연결



(b) 건물 벽면구성

그림 14. 건물의 3차원 구현

건물의 3차원을 구현하는 방법은 높이값을 가지는 건물 레이어의 외곽점으로 부터 DEM 까지 수직선을 연결하여 이때 생성되는 수직선의 연장은 보관된 DEM 표면까지로 하며, 연결된 수직선과 DEM의 면을 이용하여 건물의 벽면을 형성한다 (그림 14참조).

건물 레이어는 외곽점 만을 묘사한 데이터로써 모든 건물이 단순한 형태의 박스형으로 표현이 된다. 실제 건물의 형태는 복층구조 및 다양한 지붕의 형태이므로 건물의 단순 형태의 3차원 표현은 가능하지만 건물 지붕에 대한 상세한 복원은 불가능한 한계성을 가지고 있다. 이는 도화규정에 의해 생성된 도화원도의 특성에 의한 것이므로 향후 대축척 정밀 수치지도를 위한 도화방법이 개선되면 해결될 수 있다. 그림 15는 포괄적인 지형공간 데이터에 도화원도의 등고선 및 눈, 발 등의 데이터를 추가하여 구현한 3차원을 나타낸다.

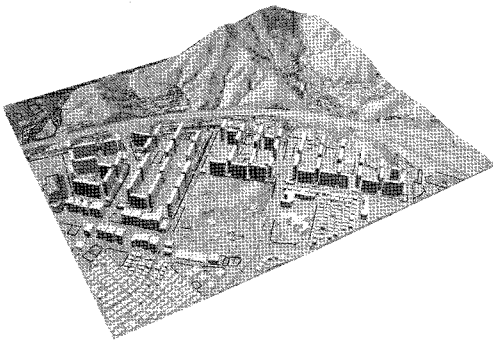


그림 15. 3차원 수치지도 생성

5. 결과분석

본 연구과정을 통해 생성된 DEM과 균일한 5m 간격의 격자형 DEM을 정량적으로 비교하였다. 60개의 검사점을 선정하고 높이차를 계산하여 RMSE를 산출하였다. 표3은 수치지도로부터 추출된 표고데이터와 균일한 5m 격자형 DEM의 높이 차이를 계산하여 RMSE를 산출한 결과이며, 표4는 수치지도로부터 추출된 표고데이터와 본 연구에서 생성된 포괄적인 지형공간 데이터의 DEM 높이 차이를 계산하여 RMSE를 산출한 결과이다.

표 3. 수치지도로부터 추출된 표고데이터와 5m 격자 DEM의 비교(단위:m)

NO	X	Y	표고 데이터	DEM (5m)	잔차
1	239342.44	319379.35	91.00	90.96	0.044
2	239380.93	319444.65	95.00	94.10	0.896
3	239383.17	319314.33	103.00	103.01	-0.007
4	239384.60	319184.53	103.00	102.91	0.094
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
58	240365.36	318819.76	123.00	123.56	-0.557
59	240366.30	318679.58	120.00	120.09	-0.093
60	240367.14	318539.94	116.00	115.97	0.033
RMSE					0.319

표 4. 수치지도로부터 추출된 표고데이터와 연구결과 DEM의 비교(단위:m)

NO	X	Y	표고 데이터	생성된 데이터	잔차
1	239342.44	319379.35	91.00	90.94	0.056
2	239380.93	319444.65	95.00	94.36	0.644
3	239383.17	319314.33	103.00	103.01	-0.008
4	239384.60	319184.53	103.00	102.91	0.088
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
58	240365.36	318819.76	123.00	123.39	-0.385
59	240366.30	318679.58	120.00	120.06	-0.064
60	240367.14	318539.94	116.00	115.95	0.049
RMSE					0.141

수치지도로부터 추출된 표고데이터와 5m 규칙격자 DEM의 RMSE는 0.319m이며 수치지도로부터 추출된 표고데이터와 생성된 DEM의 RMSE는 0.141m이었다. 그러므로 본 연구를 통하여 생성된 DEM이 기존의 방법에 의해 생성된 균일 간격의 격자형 DEM 보다 높은 정확도를 보였다. 그림16은 X축을 기준으로 각각의 DEM의 높이차이(잔차)를 보여주고 있다.

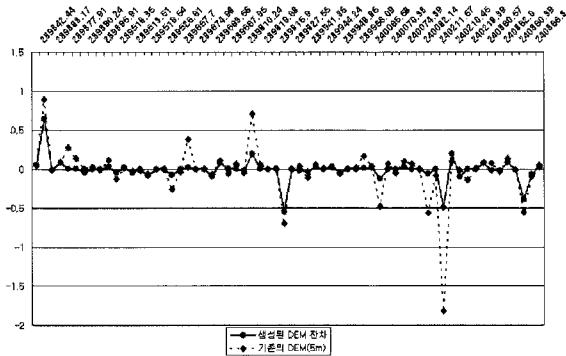


그림 16. DEM의 잔차 비교

6. 결 론

지형공간 데이터 생성의 주요 목적은 획득한 지형 및 지물에 대한 3차원 데이터를 이용하여 실제 지형을 정확하게 묘사하고, 활용분야에 적합한 정보를 제공할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 지형분류를 통해 지형특성에 적합한 보간법으로 산악지, 구릉지, 평지에 대해 산악지와 구릉지는 Kriging 보간법으로 평지에 대해서는 IDW(Inverse Distance Weight) 보간법을 적용하는 다중보간법을 적용하였다. 또한 산악지는 2m 해상도, 구릉지는 5m 해상도, 평지는 10m 해상도의 다중해상도를 적용하여 데이터의 효율성을 높였다.

수치지도의 등고선과 표고점의 레이어로부터 추출된 표고 데이터로부터 model keypoint를 추출하여 DEM의 정확도를 향상시켰다.

이와 같이 생성된 DEM을 기반으로 공간분석을 위한 포괄적인 지형공간 데이터 모델링을 제안하였다. 생성된 DEM과 model keypoint를 각각의 레이어와 도화원도의 건물 레이어 및 도로 레이어를 통합하여 하나의 통합된 데이터를 생성하였다. 또한 영상정보와 라이다의 반사강도 정보 등의 다양한 특성 데이터를 추가적으로 제공하면 효율성이 향상될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형 국토정보기술혁신사업과제의 연구비지원(07국토정보 C02)에 의하여 수행되었다.

참고문헌

국토지리정보원 (2002), 수치표고자료구축에관한 작업 규정, 국토지리정보원 내규 제2002-107호.

국토지리정보원 (2005), 국가기본도 수정작업 지침서, p. 8.

김감래, 안병구, 김주용 (2003), 수치지도 DEM 구축을 위한 보간법 평가에 관한 연구, 대한토목학회 정기학술 대회, 대한토목학회, pp. 4366-4370.

양인태, 김연준 (1997), 수문해석을 위한 DEM에 의한 지형의 경사도분석에서 격자크기의 영향, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 15권, 제 2호, pp. 221-230.

예철수, 전병민, 이쾌희 (2000), 직각정규화와 DEM자료 융합을 이용한 광역 DEM 생성, 대한원격탐사학회지, 대한원격탐사학회, 제 16권, 제 1호, pp. 99-108.

유복모, 권현, 김인섭 (1989), 수치지형모델에 있어서 지형분류와 보간에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 7권, 제 2호, pp. 53-61.

이근상, 박정남, 장영률, 조기성 (2002), 지형특성을 고려한 DEM 분석 및 DEM 정확도 평가프로그램 개발, 한국지리정보학회 추계학술대회 발표논문집, 한국지리정보학회, pp. 227-237.

이동천, 염재홍 (2005), LiDAR 데이터를 이용한 수치지도의 건물 및 등고선 레이어 생성, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 23권, 제 3호, pp. 313-322.

이동천, 유근홍, 손은정, 문용현 (2005), 도화원도 데이터를 이용한 3차원 수치지도 생성과 편집 시스템 개발, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 359-367.

Schilling, A. and A. Zipf (2003), *Generation of VRML City Models for Focus Based Tour Animations. Integration, Modeling and Presentation of Heterogeneous Geo-Data Sources*, Web3D Conference, Saint Malo, France, pp. 9-12.

(접수일 2009. 6. 5, 심사일 2009. 6. 20, 심사완료일 2009. 6. 24)