

GIS를 이용한 3차원 지형도 생성 및 정확도 분석

3dimension Topography Generation and Accuracy Analysis Using GIS

임영빈¹⁾ · 이철희²⁾ · 박창숙³⁾

Nim, Young Bin · Lee, Cheol Hee · Park, Chang suk

Abstract

Recently as map making skills developed and as digital maps prevailed, peoples began to take interest in the realistic 3dimension topography rather than the flat 2 dimension one. The experiment is done by using the topographical information from the digital maps, To analyze the preciseness of this 3dimension topography, analysis of the coordinate-changed standard map image and the location errors of the plane and height from digital values of the map's topography by layers and features, were done. The visual results of locational values differed by every programs of coordinate transformation. Errors of locations also appeared from the methods of correcting the visual sources, when deciding the standard source's datum point. The plan's accuracy of the image data coordinate transformation is about $\pm 4.1m$ ground distance, therefore, it is included in the allowed error of the 1:25,000 scale changed map, satisfying the plan's accuracy. Also, by the use of reasonably spaced grid, it satisfied the visual topographical accuracy. Because the 3 dimension topographical map can be produced effectively and rapidly by using various scale's standard map image and the digital map, the further practical use of 3 dimension topographic map made by using the existing topographies and changed maps has high expectations.

Keywords : Paper map, Digital map, Image data, Layer

요 지

최근 지도제작 기법의 발달과 기 제작된 종이 및 수치지도의 보급이 활발해짐에 따라 2차원 형태의 지형도보다 지형을 보다 사실감 있게 표현하는 3차원 지형도에 대한 요구가 증가되고 있다. 본 연구는 기존의 국가기본도 중 축척 1:25,000 종이지형도와 수치지도의 지형정보들을 이용하여 3차원 지형도를 생성하였으며, 3차원 지형도의 정확도분석 결과 1:25,000 국가기본도 허용오차 범위에 포함되어 그 활용가능성을 입증하였다. 3차원 지형도의 정확도를 분석하기 위하여 좌표 변환된 국가기본도의 이미지와 동일도엽의 수치지도상의 각종 지물지모들 간의 평면 위치오차 및 수직 위치오차를 레이어별로 분석하여 정확도를 평가한 결과 영상자료의 좌표변환시 이용되는 변환 프로그램뿐만 아니라 보정방법에 따라서도 위치오차가 상이함을 알 수 있었다. 좌표 변환된 영상자료의 평면정확도는 지상거리 $\pm 4.1m$ 로 1:25,000의 수치지도 허용범위를 만족하였다. 따라서 기 제작된 다양한 축척의 국가기본도와 수치지도를 이용하여 신속하고 효율적으로 3차원 지형도를 제작할 수 있으며, 향후 기존 지형도 및 수치지도를 이용한 입체지형도의 활용가능성이 기대된다.

핵심용어 : 종이지도, 수치지도, 영상자료, 레이어

1. 서 론

기존의 지형도는 종이라는 매체를 이용하여 2차원상

의 종이위에 지상의 지형지물들을 일정한 축척에 맞추어 기호, 선 및 글자 등으로 인쇄한 지도 즉, “종이지도”가 일반적이었다. 그러나 컴퓨터가 생활화되고 대용량의 정

- 1) 정희원 · 한밭대학교 토목환경도시공학부 교수(E-mail:ybnim@hanbat.ac.kr)
- 2) 연결저자 · 정희원 · 한밭대학교 토목환경도시공학부 겸임교수(E-mail:potanion@hanmail.net)
- 3) 정희원 · 육군지도창(E-mail:otatop10@hanmail.net)

보를 처리할 수 있는 컴퓨터의 등장으로 지리정보에 대한 인식도 종이지도의 아날로그 개념에서 수치지도의 디지털 개념으로 점차 변화되어 가는 추세에 있다.

우리나라에서 수치지도(digital map)를 본격적으로 생산하기 시작한 것은 1995년 “국가지리정보체계(national geographic information system: NGIS)구축 기본계획”에 근거하며, 주된 대상축척은 1:1,000, 1:5,000 1:25,000 지형도들이다(국토지리정보원, 2002). 수치지도란 컴퓨터를 이용하여 지도를 제작하고 컴퓨터상에서 디스플레이하며 프린터를 이용하여 종이형태의 지형도로 출력 등을 행할 수 있는 수치형태의 지도를 말한다.

수치지도제작 방법은 크게 두 가지로 기존에 제작된 종이 지형도를 스캐닝(scanning)하여 디지털화 시키는 방법과 항공사진측량 방법에 의해 제작된 항공사진을 해석도화기 상에서 디지털화 시키는 방법이 있다. 우리나라의 수치지도 중 축척 1:25,000은 대부분 기존의 종이지도를 이용한 첫 번째 방법으로 제작하였으며, 축척 1:5,000 및 1:1,000은 해석도화방법인 두 번째 방법으로 제작하였다(NGIS 추진위원회, 2000).

지형도를 이용하는 대부분의 이용자들은 기존의 종이 지도상에서 필요로 하는 지형정보를 획득하고 있다. 그러나 2차원형태의 종이지도에서 지형의 고저형태 즉, 지형의 높낮이를 분간할 수 있는 방법은 지도상에 그려진 등고선과 등고선 수치 및 지점의 높이에 의존하고 있으므로 평면형태의 지도보다 지형을 보다 사실감 있게 표현하는 3차원(입체) 지도를 더 많이 선호하고 있다.

본 연구의 목적은 최근 보편화 되고 있는 수치지도의 지형정보들을 이용하여 기존의 국가기본도 중 축척 1:25,000 종이지도를 3차원화한 입체지도를 제작하여 지도상의 지형지물들을 보다 사실감 있게 판독할 수 있는 입체지형도 제작방법 및 그에 따른 제작공정의 최적화 등에 대해 연구하여 기존의 국가기본도 활용의 활성화에 기여하기 위함이다.

2. 연구내용 및 방법

수치지도를 이용하여 국가기본도를 입체지도화 하기 위하여 산악 및 평지와 호수 및 강 등이 혼재한, 지형의 변화가 비교적 심한 축척 1:25,000 춘천 수치지도 한 도엽과 동일 수치지도를 제작하기위해 사용되었던 국가기본도 축척 1:25,000 춘천 도엽 한 장을 획득하였다. 그림

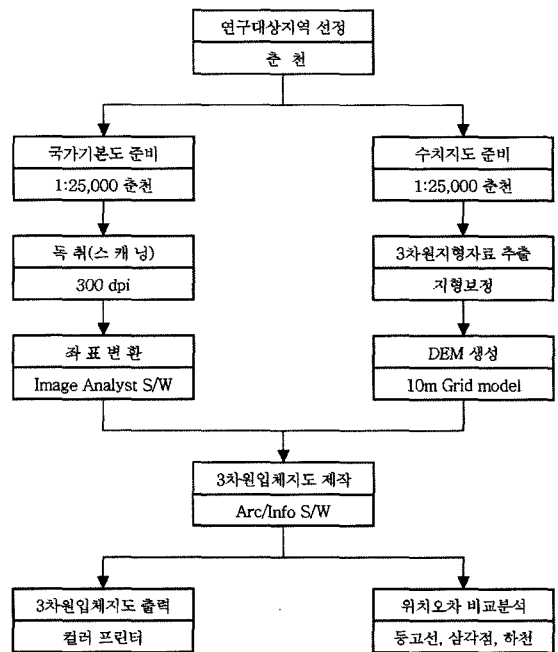


그림 1. 연구 흐름도

1은 본 연구의 작업 흐름도를 나타낸 것이다.

먼저 국가기본도를 대형 스캐너를 이용하여 300dpi의 해상도로 스캐닝하여 tiff형식의 이미지로 저장한 후 이미지를 진 위치에 정착하기 위한 좌표변환을 실시하였다. 좌표변환방법은 미국 Intergraph사의 IA소프트웨어를 이용하여 수치지도상의 네 모서리 좌표 값에 맞추어 이미지를 변환하였다.

수치표고모형을 제작하기 위하여 수치지도의 레이어들 중에서 3차원 값을 가진 등고선 및 표고가 기록된 지형 레이어와 강 및 호수 등의 지형이 묘사된 수부 레이어를 추출하여 tin 및 grid를 생성한 후 축척 1:25,000 국가기본도의 등고선 간격과 일치하게 10m×10m간격의 dem를 제작하였다.

좌표 변환된 국가기본도 이미지와 수치지도로부터 제작된 dem을 합성하기위해 Arc/Info 소프트웨어를 사용, 태양각도가 서북45도 방향에서 비춘다고 가정한 3차원지형도를 제작하였다. 제작된 입체지도를 실 축척인 1:25,000의 입체 종이지도로 출력하기 위하여 대형 컬러프린터를 사용하여 실물크기로 출력하였다.

3차원 지형도의 정확도를 분석하기 위하여 좌표 변환된 국가기본도의 이미지와 동일도엽의 수치지도상의 각종 지형지물들 간의 평면 위치오차 및 수직 위치오차를

레이어별, 지형지물별로 분석하여 정확도를 평가하였다.

3. 3차원 지형도 제작

3.1 연구대상 지형도 및 수치지도

본 연구에 사용된 지형도와 수치지도는 축척이 1:25,000

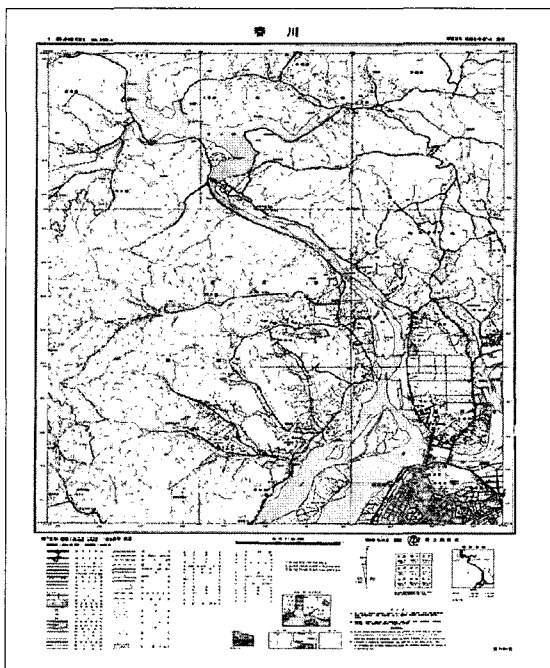


그림 2. 연구대상 지형도

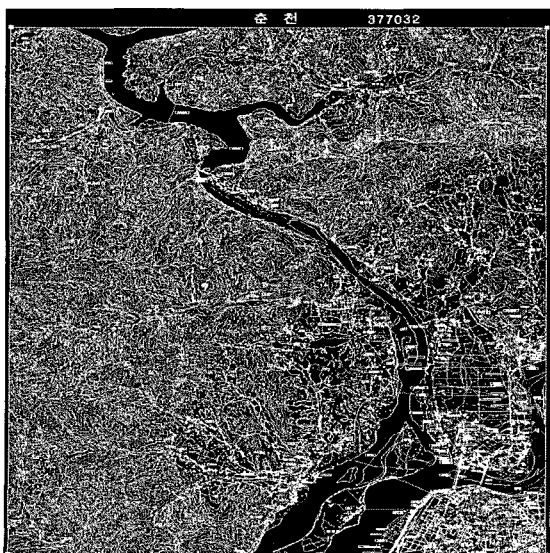


그림 3. 연구대상 수치지도

으로 그림 2 및 그림 3과 같다. 국가기본도와 그 기본도를 수치화시켜 지형도와 수치지도가 일치하고, 산지와 구릉지, 호수 및 도심지 등이 골고루 분포되어 있어 입체모형의 시각화가 뛰어난 춘천 도역을 선정하였다.

3.2 래스터영상 제작

종이 형태의 지형도를 래스터영상으로 제작하기 위하여 대형 스캐너를 이용 300dpi로 독취한 후 한 픽셀(Pixel)의 지상거리가 지형도의 축척에 맞는 2.5m가 되도록 독취한 영상을 재배열(Resampling)하였다. 즉, 래스터영상의 공간 해상도가 2.5m가 되도록 하였다.

그림 4와 표 1은 래스터영상 제작에 필요한 대형 스캐너 및 제원을 나타낸다.

스캐닝된 영상자료가 지상좌표 값을 갖도록 하는 과정을 좌표변환이라 한다. 좌표변환은 수치지도의 좌표체계가 TM(transverse mercator)투영의 동경(tokyo) 기준계이므로 영상을 동경기준계로 좌표변환 하였다.

좌표변환을 위해서 image analyst 소프트웨어의 지도 변환(map convert) tool을 사용하였으며 지형도 및 수

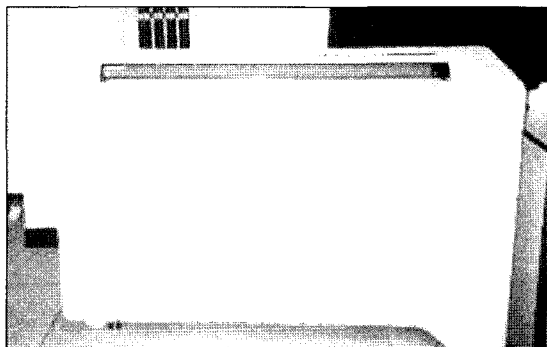


그림 4. 대형 스캐너(Eagle 4240C)

표 1. 대형 스캐너의 제원

| 구분 | 제원 |
|------------|---------------|
| 모델 | Eagle4240C |
| 크기(mm) | 1016×1473×660 |
| 해상도(dpi) | 400 |
| 잉크 | CMYK 4색 |
| 독취최대크기(mm) | 1060×무한대 |
| 중량(kg) | 273 |
| 용도 | 지형도 및 필름 스캐닝 |
| 제조사 | 미국 아나텍사 |

치지도상의 도곽의 좌표값을 입력하고, 여러 변환 방법들 중 네 지점의 좌표 값을 이용하는 투영변환방법에 의한 좌표변환을 실시하였다(강준목 등, 2002). 그림 5는 래스터영상 제작과정이며 그림 6은 좌표변환 방법들 중 투영변환방법에 의한 좌표변환 과정을 나타낸 것이다.

본 연구에서는 영상처리 및 벡터데이터 수정이 동시에 가능한 image analyst 소프트웨어를 이용하였다. 영상의 색조를 강조하기 위하여 contrast stretching 기법을 사용하고, 규칙적 배열을 강조하기 위해 spatial filtering 기법을 사용하였다(image analyst 1997).

그림 7과 표 2는 영상의 좌표변환과 수치지도 가공을

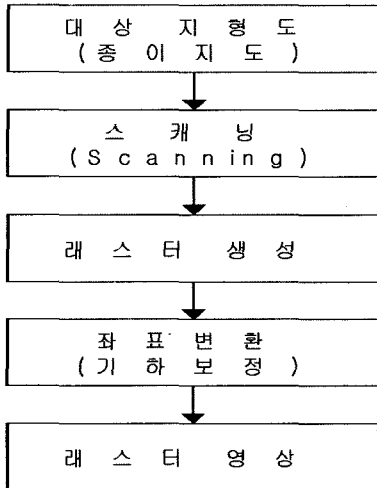


그림 5. 래스터영상 제작과정

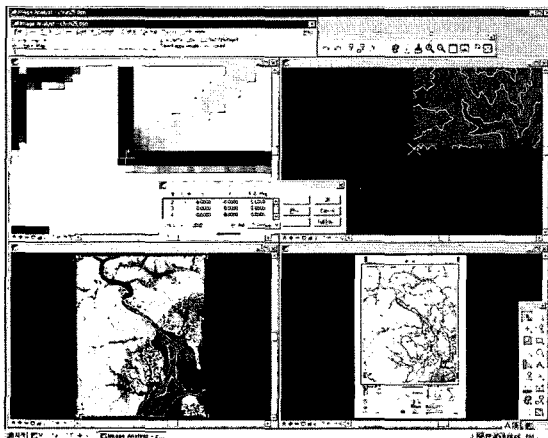


그림 6. 영상의 좌표변환

위해 사용된 하드웨어 시스템과 그 제원을 나타낸다.

3.3 수치표고모형 제작

좌표 변환된 영상을 3차원 영상으로 만들기 위해서는 수치표고모형 자료가 필요하며, 수치표고모형 제작은 연구도엽인 축척 1:25,000 춘천 수치지도의 3차원 등고선 자료와 표고 및 하천자료 등을 사용하여 미국 ESRI사의 ARC/INFO 소프트웨어에서 수치표고모형을 추출하였다.

격자 모형의 간격은 최적의 격자모형을 생성하기 위하여 래스터영상의 해상도에 맞는 2.5m×2.5m 간격과 그 두배의 5m×5m 간격의 두 가지로 정하여 생성하였으며(ERDAS Imagine 1997), 등고선이 없는 지역의 지형보정은 수치지도의 하천형상과 표고점 등을 사용하였다.

그림 8은 수치지도의 3차원 등고선, 하천형상 및 지상 기준점의 고도값 등을 이용하여 수치표고모형을 제작하는 과정을 나타낸 것이며, 그림 9와 그림 10은 연구지역의 tin과 grid를 생성하는 과정을 나타낸 것이다.



그림 7. 하드웨어 시스템

표 2. 하드웨어 시스템의 제원

| 구분 | 제원 |
|--------|-----------------|
| 모델 | TDZ 2000 |
| 중앙처리장치 | Windows NT |
| 주 기억장치 | 256 MB |
| 보조기억장치 | 12 GB |
| 모니터 | 21" Color |
| 처리속도 | 400 Mhz |
| 해상력 | 1024×2048 Pixel |
| 그래픽보드 | JPEG Board |
| 제조사 | 미국 Intergraph |

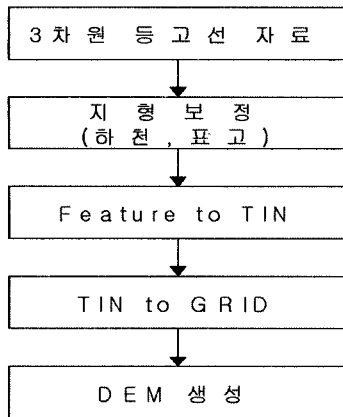


그림 8. 수치표고모형 제작과정

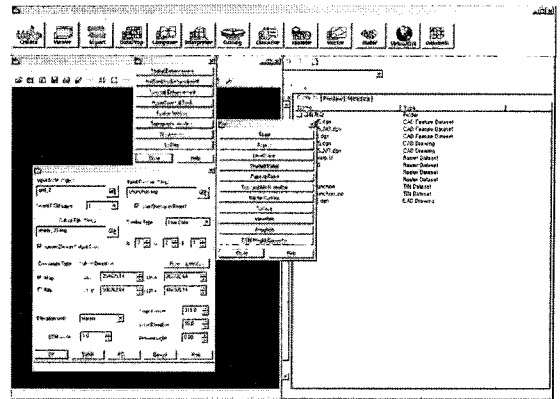


그림 11. 자료합성 조건값 부여 과정

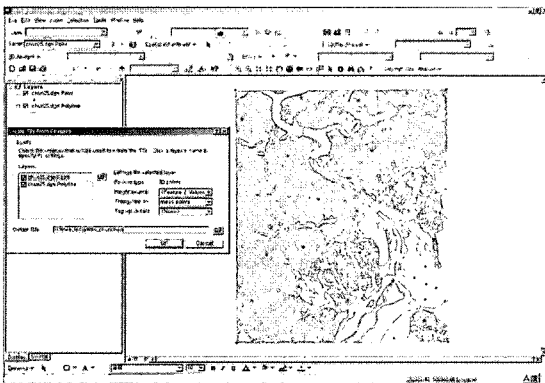


그림 9. 연구지역의 tin생성 과정

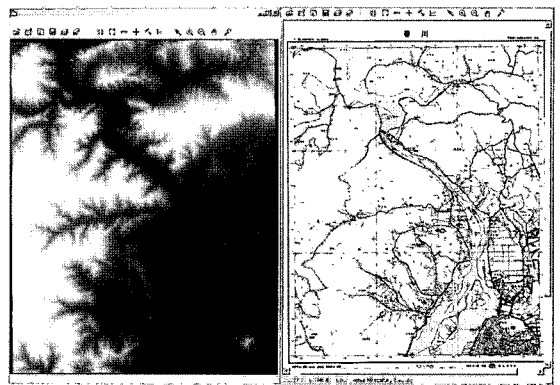


그림 12. 합성할 GRID와 영상자료

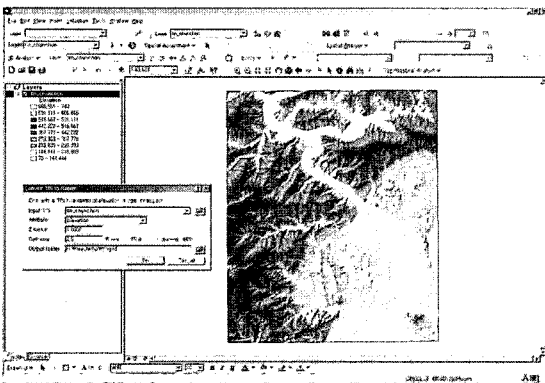


그림 10. 연구지역의 grid생성 과정

Imagin 소프트웨어를 사용하였다.

지형의 음영을 가장 잘 표현하기 위한 여러 가지 실험 결과, 태양방향은 서북방향(태양방위각 315도)이며 태양 각도는 55도가 가장 적합하였다. 그림 11과 그림 12는 영상자료와 격자자료를 합성하는 과정에서 조건값 부여 및 합성할 자료를 나타낸 것이다.

grid와 래스터 영상을 합성하여 3차원 지형도를 생성하였다. 지형도는 컴퓨터에서 구현됨은 물론 프린터나 플로터를 이용하여 종이형태의 입체지형도로 출력되어야 한다.

그림 13은 완성된 3차원 지형도를 나타낸다.

3.4 3차원 지형도 생성

입체지형도 생성을 위해서 좌표 변환된 래스터 영상과 기 제작된 격자자료(grid)를 합성(merge)시킬수 있는 GIS tool이 필요하다. 본 연구에서는 미국 ESRI사의 Edas

4. 정확도 분석

3차원 지형도 생성의 결과를 분석하기 위하여 좌표 변환된 래스터영상이 진 위치에 얼마나 근접하게 변환되었

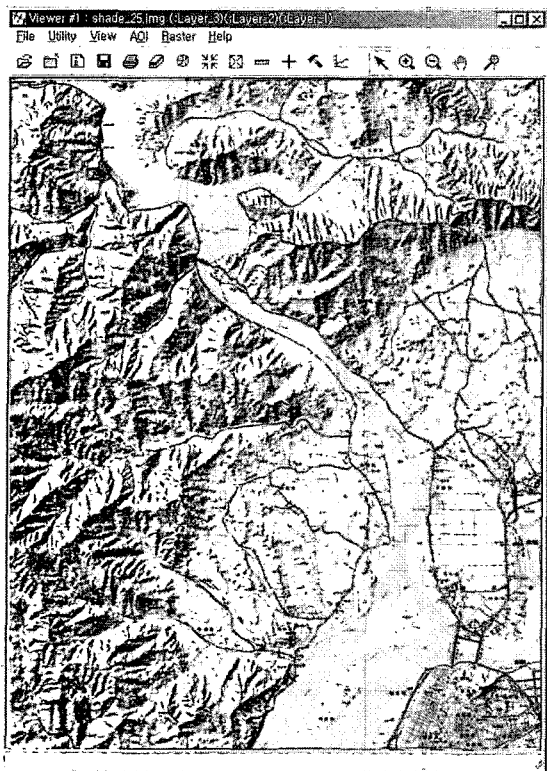


그림 13. 완성된 3차원 지형도

는지, 또한 최적의 입체모형을 구현하기 위해 제작한 grid의 간격은 몇 미터가 적당한지를 비교분석 하였다.

4.1 래스터영상의 위치정확도 분석

대상물의 위치정확도는 지도가 갖추어야 할 가장 기본적인 요소이다. 위치정확도(positional accuracy)는 래스터영상의 위치와 수치지도의 위치가 얼마만큼 일치하는가를 나타내는 것으로 분석하였다.

위치정확도를 나타내는 요소로는 편의(bias)와 정밀도(precision)가 있으며, 보통 편의량은 오차의 평균으로 나타내고, 정밀도는 평균제곱근 오차로 나타낸다. 그림 14는 래스터 영상의 위치정확도 분석을 위한 공정이다.

3차원 지형도의 위치정확도를 분석하기 위하여 기존 수치지도의 레이어별로 GCP를 선정하였으며, 레이어는 비교분석이 용이한 도로, 하천, 시설물의 3개 레이어만 선택하여 비교분석하였다. 그림 15는 위치정확도 분석을 위한 GCP 분포도를 나타낸다.

위치정확도는 국토지리정보원의 축척1:25,000 수치지도 작성 내규에 의거하여 도상거리 0.5mm(1:25,000에서

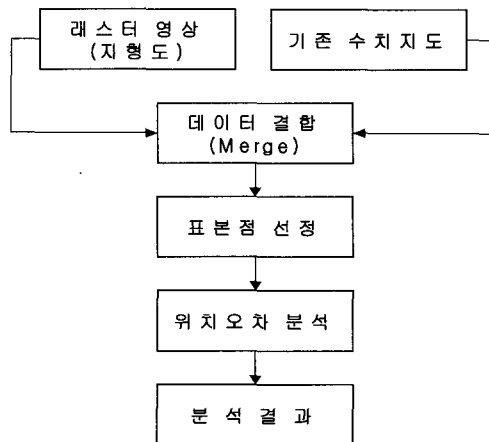


그림 14. 래스터 영상의 정확도 분석

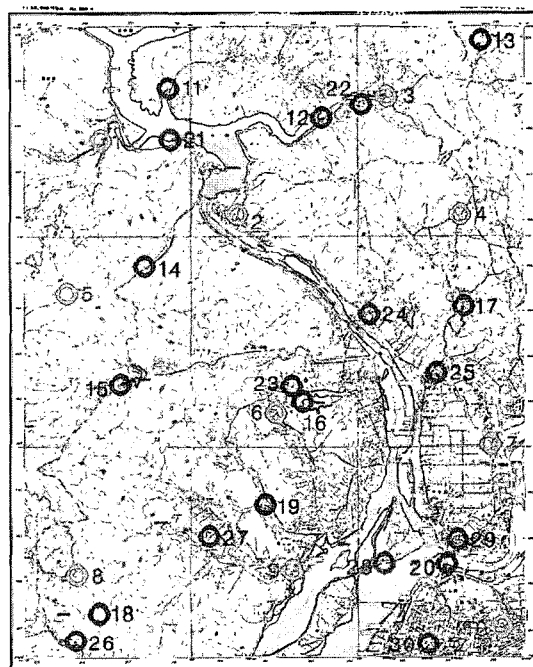


그림 15. 위치정확도 분석을 위한 GCP 분포도

실거리 12.5m)에 얼마나 근접하는지를 알아보았다. 표 4는 레이어별 평면위치 오차를 나타낸다.

현재 우리나라 수치지도에 대한 평면위치오차 기준은 축척에 관계없이 도상 0.5mm로 규정되어 있으며(국토지리정보원, 2004) 또한 입체지형도 제작에 대한 구체적인 위치정확도 기준이 없어 본 연구에서는 표 3의 축척별 평면위치 오차기준을 준용하였다.

위치정확도 분석결과 3개의 레이어에서 발생한 오차들

표 3. 축척별 평면위치 오차기준

| 축척 | 오차기준(지상거리) | 도상거리 |
|----------|------------|-------|
| 1:1,000 | 0.5m | 0.5mm |
| 1:5,000 | 2.5m | " |
| 1:25,000 | 12.5m | " |
| 1:50,000 | 25.0m | " |

표 4. 레이어별 평면위치 오차

| 레이어 | 측점 | X(m) | Y(m) | 평균(m) |
|-----------|----|-------|------|-------|
| 도로 | 1 | 0.86 | 1.07 | 3.71 |
| | 2 | 6.29 | 2.51 | |
| | 3 | 1.68 | 0.57 | |
| | 4 | 6.42 | 4.42 | |
| | 5 | 2.65 | 1.86 | |
| | 6 | 6.52 | 7.20 | |
| | 7 | 4.70 | 8.60 | |
| | 8 | 1.56 | 1.73 | |
| | 9 | 3.80 | 2.59 | |
| | 10 | 4.98 | 4.15 | |
| | 평균 | 3.58 | 1.79 | |
| 하천 | 11 | 3.77 | 6.45 | 5.37 |
| | 12 | 5.41 | 1.55 | |
| | 13 | 3.11 | 2.42 | |
| | 14 | 6.09 | 5.07 | |
| | 15 | 4.69 | 4.97 | |
| | 16 | 8.89 | 6.74 | |
| | 17 | 6.77 | 3.64 | |
| | 18 | 8.49 | 4.42 | |
| | 19 | 9.45 | 3.42 | |
| | 20 | 10.58 | 1.52 | |
| | 평균 | 4.34 | 4.03 | |
| 시설물 | 21 | 5.52 | 2.05 | 3.21 |
| | 22 | 1.90 | 2.68 | |
| | 23 | 3.94 | 3.77 | |
| | 24 | 3.98 | 4.53 | |
| | 25 | 3.90 | 3.94 | |
| | 26 | 1.59 | 2.39 | |
| | 27 | 3.99 | 5.24 | |
| | 28 | 4.68 | 2.04 | |
| | 29 | 2.90 | 1.20 | |
| | 30 | 2.00 | 1.89 | |
| | 평균 | 3.44 | 2.97 | |
| 위치별 평균(m) | | 4.70 | 3.49 | 4.10 |



그림 16. Grid 간격별 비교

은 표 4에서와 같이 X방향으로의 오차량은 실 거리 4.70m가 발생되었으며, Y방향으로의 오차량은 3.49m가 발생하였으며, 위치별, 레이어별 위치오차의 평균 오차량은 실 거리 4.10m가 발생하였다.

우선 도로레이어 예서는 GCP를 10개로 정하여 분석한 결과, 실 거리 평균 3.71m의 오차가 발생하였고, 하천레이어 예서도 GCP 10개로 평균 5.37m의 다소 높게 나타났으며, 시설물 레이어 역시 GCP 10개로서 평균 3.21m의 오차가 발생하였다.

이와 같이 오차량이 연구 도엽인 축척 1:25,000의 수치지도 허용오차인 12.5m내에 포함되므로 입체지형도 생성에는 본연구가 무리 없이 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

4.2 격자간격에 따른 결과물의 비교분석

최적의 입체모형을 구현하기위해 제작한 grid의 간격은 몇 미터가 적당한지를 비교분석 하였다. 먼저 1:25,000 등고선 간격인 10m의 1/2인 5m간격으로 grid를 제작하여 영상을 입체화 시켜본 후, 다시 영상 한 픽셀의 지상 거리인 2.5m로 grid를 제작하여 연구도엽을 입체화 시켜 보았다.

비교결과 아래 그림에서처럼 영상의 한 픽셀 간격인 지상거리 2.5m로 제작한 grid를 사용한 입체모형이 5m간격으로 제작한 grid를 사용한 입체모형보다 부드럽게 지형을 묘사하여 보다 사실감 있게 입체지도를 표현할 수 있었다 그림 16은 2.5m와 5m간격을 비교한 그림이다.

5. 결 론

감사의 글

종이지도 형태의 국가기본도와 수치지도를 이용하여 3차원 입체지형도를 생성하고, 정확도 및 제작방법을 비교 분석한 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

1. 영상자료의 좌표변환시 변환모델에 따라 위치오차가 상이하였으며, 기존 지형도상의 기준점을 정하여 영상자료를 보정할 때에도 보정방법에 따라 위치오차가 상이함을 알 수 있었다.

2. 좌표 변환된 영상자료의 평면정확도는 지상거리 $\pm 4.1m$ 정도이므로 축척 1:25,000의 수치지도 허용오차인 12.5m 내에 포함되므로 평면정확도에는 만족하였으며, 시각적인 지형표현을 위해서는 적정 간격의 grid사용이 필요하다.

3. 기 제작된 다양한 축척의 국가기본도와 수치지도를 이용하여 신속하고 효율적으로 3차원 입체지형도를 생성할 수 있었으므로 향후 기존 지형도 및 수치지도를 이용한 입체지형도의 활용성이 기대된다.

본 연구는 2004년도 한밭대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 조규전, 이창경 (1999), 국가고도자료 구축연구(II), 국토지리정보원.
- 건설교통부, 과학기술부등 (2000), 제2차 국가GIS 기본계획, 국가지리정보체계 추진위원회.
- 강준묵, 이철희, 이형석 (2002), 수치지도 수정 및 갱신을 위한 고해상도 위성영상의 적용 가능성 평가, 한국측량학회지, 제 20권, 3호, pp. 317-318.
- 박경열 (2002), 제2차 기본지리정보 구축 시범연구, 건설교통부 국토지리정보원.
- 이규방 (2002), 기본지리정보구축 추진전략 수립연구, 건설교통부 국토지리정보원.
- 국토지리정보원 (2004), 공공측량의 작업규정 세부기준.
- Image Analyst User Guide (1997), pp. 9-1~9-3, Intergraph U.S.A.
- ERDAS Imagine User Guide (1997), pp. 13-1~13-10, ESRI U.S.A.

(접수일 2005. 5. 25, 심사일 2005. 6. 7, 심사완료일 2005. 6. 13)