

## 복선 철도노선에서의 3차원지형분석 및 모델링 3D Terrain Analysis and Modeling for Double-Tract Railway Route

연상호, 이영욱\*

세명대학교 토목공학과 교수,  
세명대학교 컴퓨터 과학과 교수\*

Yeon Sang-Ho, Lee Young-Wook\*

### 요약

최근 중앙선과 태백선의 국철구간에 대한 복선화 사업이 시작되면서 도심지에 비해 지형이 험준하고 경사가 급한 산악지에서의 철도설계와 공사의 어려움이 예상되고 있다. 본 연구에서는 지형이 험준한 산악지에서의 복선철도 신설구간에 대한 3차원 지형분석과 가상주행을 통하여 설계 및 시공 이전에 대상지역의 인공위성영상의 활용을 구체적으로 적용함으로써 좀 더 상세한 지형에 대한 정보수집과 분석을 시도하였다. 약 15km 구간의 산악지에 대한 3차원 지형분석과 복선철도노선과의 관계를 확인하고 가상주행을 실제 적용해 봄으로써 기존의 방법을 개선할 뿐만 아니라 산악지의 복선철도 구간의 지형분석의 방법을 제시하여 새로운 방법의 가능성을 찾아낼 수 있었다.

### Abstract

Recently remote sensing technology is applied for construction projects planning and design areas by use of remote sensed satellite images according to engineering application technology in the various experimental tasks. In this study, It was applied for 3 dimensional terrain analysis and basic design by comparing to present railway and new expand double-tract railway route of forest sites on the new construction site of 15km at national railway lines, and then showed 3-D perspective images and fly simulation images to possibility for various application as terrain analysis modeling and running simulation at the course. As a results of its applied, It gained the results not only improvement of present methods but also real various application possibilities.

### 1. 연구배경 및 목적

수치지도와 원격탐사 자료를 이용한 건설 환경 분야의 활용은 다른 환경이나 국토계획, 자원조사 및 농림업에 비해 매우 저조한 실정이다. 최근 공간정보의 이용한 컴퓨터의 다양한 접근이 용이해지고 지형 공간정보의 구입과 응용도 활발해지고 있어 공장입지선정 및 경관분석 등에서도 기존의 평면적인 분석보다도 높이 값을 이용한 3차원적인 분석이 점차 쉬

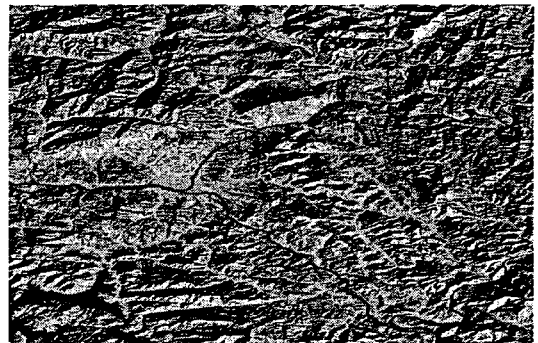
워지고 있다. 철도의 신설을 위하여 기본적으로 철도 계획 노선에 대한 상세한 지형의 정보를 수집하여 분석하여야 가장 합리적인 최적의 노선을 선정할 수가 있다. 기 선정된 지역에 대한 지역 환경의 정보를 손쉽게 파악하기 위하여 우선적으로 이용할 수 있는 것이 지형도와 항공사진 또는 인공위성 영상정보이다. 본 연구에서는 현장에 대한 건설교통 분야에 적용할 수 있는 원격탐사 수치영상 데이터와 수치지형도를

이용하여 활용할 수 있도록 하기 위한 다각적인 접근을 모색하여 실험을 실시하였다. 이를 위하여 Landsat TM 센서영상과 IKONOS 위성영상을 구입하여 사용하였으며, 국토지리정보원에서 제작한 축척 1/5,000의 수치지도의 높이 레이어 등고선에 의한 DEM 및 정사영상을 생성하였다. 이를 현실적 공간인 3차원 지형을 여러 측면에서 분석하고 이를 구체화시키기 위해 주행시물레이션을 실시하는 여러 방법들이 연구되어 발표되고 있다. 산악지역에서의 철도 복선 최적노선 결정에서의 활용을 위한 여러 개의 공사구간에 대한 컴퓨터 내에서 현실적 디지털 공간을 형성하고 평가분석 함으로써 최상의 공사계획 및 설계를 검증해 볼 수 새로운 대안이 가능하게 된 것이다. 따라서 본 연구는 철도 노선과 그 주변의 지형분석을 통하여 공사구간에 대한 지형공간정보의 사전 확인과 철도건설에서 유용하게 이용할 수 있는 DEM 및 원격탐사 데이터의 효율적인 적용을 모색하는 것을 본 연구의 목적으로 하였다.

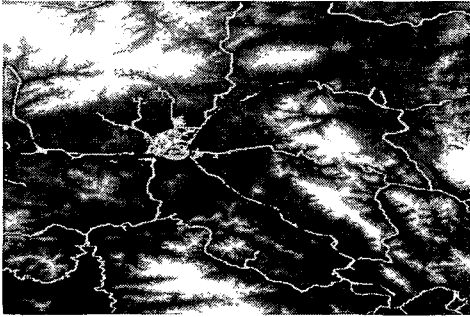
## 2. 연구과정 및 내용

우선 연구대상지역에 필요한 자료준비가 되면 대상지역에 대한 정확한 지리좌표를 주어진 영상에서 절출해 내어야 한다. 이를 위하여 해상도가 서로 다른 2가지의 위성영상을 지도좌표에 일치하도록 지상 기준점을 이용하여 기하보정을 실시하였다. 기하보정 후에 현재 공사설계를 위하여 사용하는 지도좌표인 TM 좌표계와 일치하는 정보보정작업을 실시하였다. 또한 3차원 이상의 영상조감도의 생성을 위해서는 우리나라에서 적용하는 지도투영법에 의한 지도변환과, 그 원시 데이터는 DEM, RGB 영상, 벡터 레이어로 사용할 수 있도록 하였다. 본 연구대상 지역에 대한 공간정보는 수치지도에서 추출한 수치표고데이터, 위성영상 데이터, 철도벡터파일 등을 주된 공간데이터로 이용하고 투시도 기법을 적용하여 새로운 투시영상을 생성하였다.

본 연구에서는 최근 중앙선 복선으로 착공된 제천-도담 철도 노선을 대상으로 하여 우선 넓은 면적을 포함할 수 있는 LANDSAT TM의 각 밴드별 데이터 중에서 3개의 채널을 선택하여 자연색의 칼라합성을 하여 2차원 평면 내에서 철도와 도로망도를 중첩시켰다.(사진1) 우선 투시도를 만드는데 이용할 데이터로는 행정경계 구역을 기준으로 질라낸 LANDSAT TM 영상, DEM 파일, 필요시 사용할 철도 노선에 대한 벡터파일을 준비하여 모델링을 위한 자료입력을 하였다. 아래 생성모형도에서 보여 주듯이 다양한 형태의 입력파일을 각각 준비하고 주어진 조건에 맞는 투시도법에 의해 생성되도록 함으로써 손쉽게 영상조감도를 생성할 수 있도록 하였다. DEM 생성을 위하여 우선적으로 수치지도 파일을 사용할 프로그램의 포맷으로의 변환하였으며, 등고선 4개 레이어를 이용하여 DEM 생성하였다. 그리고 관련 수치지도 및 DEM을 이용한 GCP 수집하는데 이용하였다. DEM 생성에서는 수치지도 파일인 DXF 포맷을 사용자의 프로그램 포맷으로 변환하여 사용하도록 하였고, 이때 사용한 수치지도는 국립지리원의 등고선 파일을 이용하였다. 또한 이때 사용한 수치지도의 4가지 등고선 레이어에서 10m 간격의 DEM 파일을 생성하였다.(영상2, 영상3)



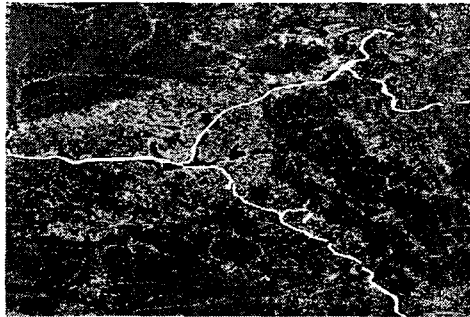
▶▶ 영상 1. 미국 NASA의 LANDSAT TM 칼라합성 (주황-도로, 자주-철도)



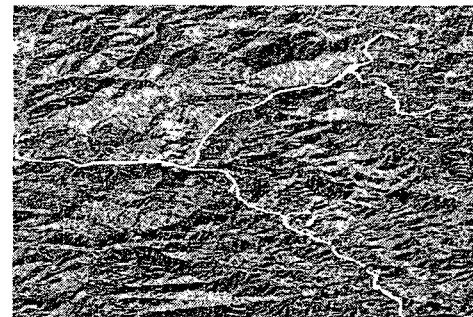
▶▶ 영상 2. 고도별 DEM 분포 및 도로망도



▶▶ 영상 3. RGB DEM 과 기존 철도 노선



▶▶ 영상 4. 지형의 경사(Slope)와 철도노선 중첩

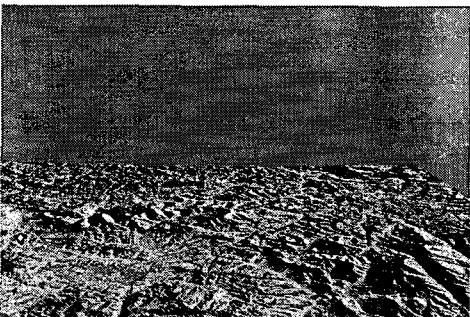


▶▶ 영상 5. 대상지형의 사면방향(ASPECT)분석

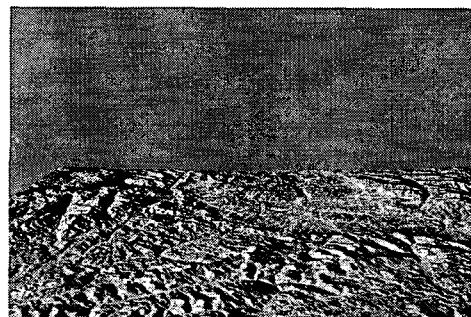
### 3. 3차원 조감도 생성에 의한 지형분석

연구대상지역에 대한 입체적인 지형분석을 위해서 DEM 생성 후에 3차원 조감도를 각 방향에서 바라볼 수 있도록 생성하여 보았다.(영상6,7,8,9) 참고로 고도별 기존노선과 변경노선의 중첩에 의해 주변 도로와의 연계를 살펴보고 철도주변의 지형과 여러 지물

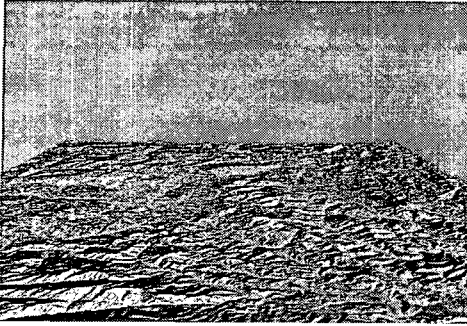
들과를 비교하여 3차원 조감도에 투시하여 나타내도록 하였다. (영상10) 이러한 RGB DEM 영상을 분석해보면 해발 고도가 가장 높은 곳은 회색으로 나타나고, 붉은 적색부터 분홍의 고지대부터 초록색에 가까운 중간고도 지역, 파란색의 저지대로 나타나고 기준 고도이하의 검게 표시되도록 하였다. 여기에 현재의



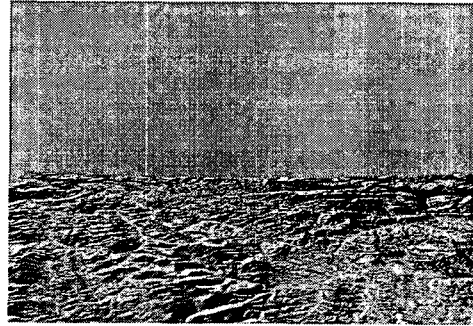
▶▶ 영상6. 3차원 위성영상조감도(서▷동)



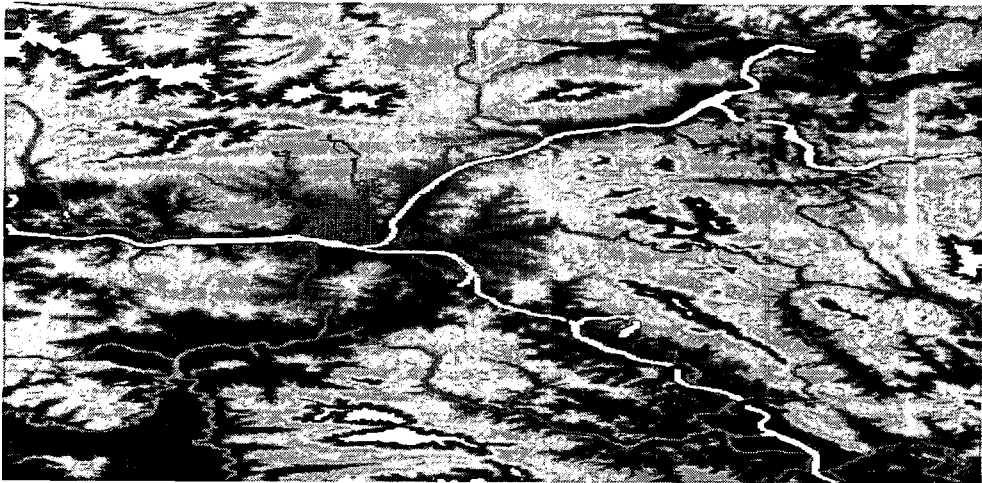
▶▶ 영상7. 3차원 위성영상조감도(동▷서)



▶▶ 영상8. 3차원 위성영상조감도(남&gt;북)



▶▶ 영상9. 3차원 위성영상조감도(남&gt;북)



▶▶ 영상 10.고도별 주요도로와 철도의 연계성(보라-도로, 흰색-철도)

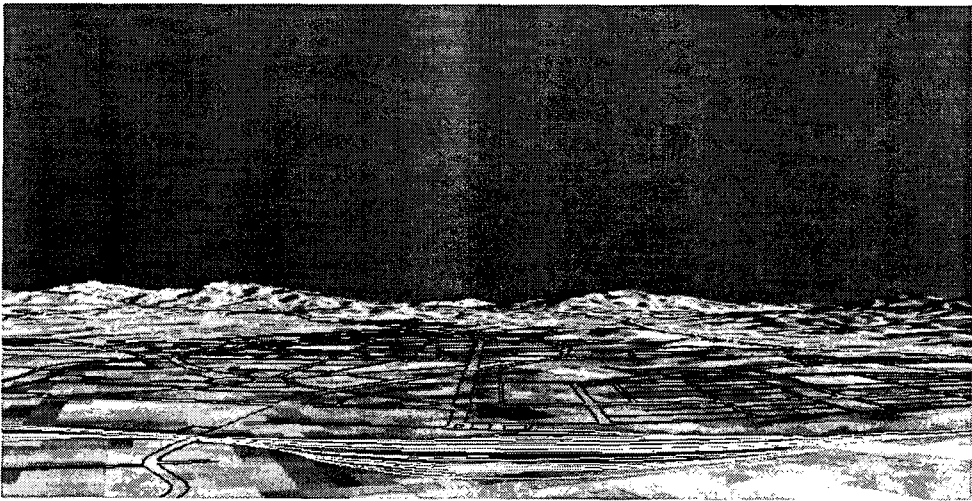
주요간선도로망을 영상에 매칭하여 중첩시켰고, 같은 방법으로 지형도상에 나타난 철도의 노선망을 매칭시켜 현재의 태백선과 제천에서 분기되는 중앙선을 한 번에 조망할 수 있도록 하였다.

#### 4. 입체 투시영상에 의한 주행 시뮬레이션 제작

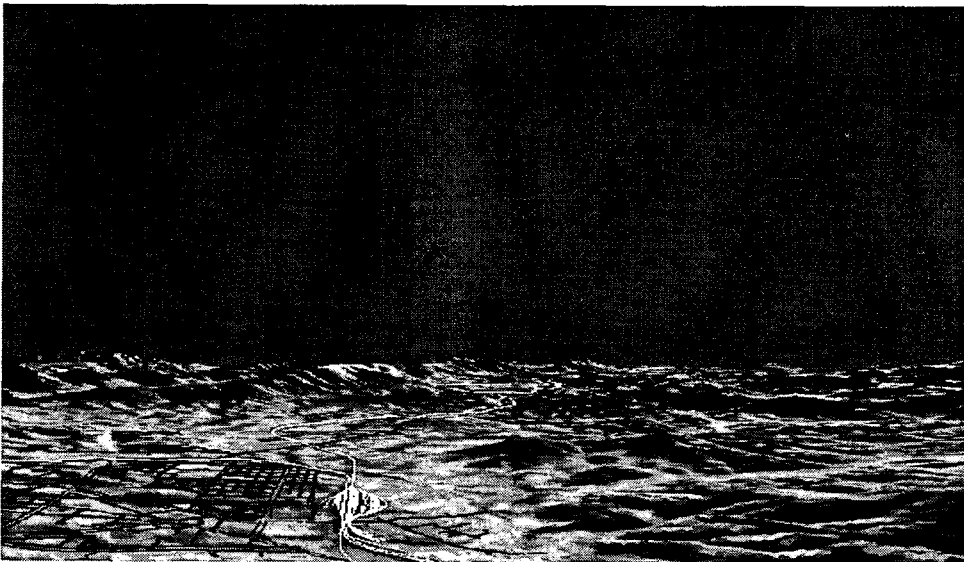
제천시에서 출발하는 중앙선 복선구간은 주로 산악지를 통과하는 것으로 노선계획이 이루어져있어 15킬로 구간에 약 9개의 터널을 통과하는 것으로 설계되어 있다. 철도 노선설계를 위한 최적노선 결정 및 주변 환경과의 연관분석은 정밀 기하보정 후 투시 조

감도 작성 및 대안 결정을 위한 지형 분석 모델링 작업을 통하여 정밀하게 분석이 가능하므로, 연구대상 노선지역의 DEM 생성과 고도별 기복도 조사 및 수물전후의 영상에 대한 정밀기하보정 작업을 시행하고 지형의 3차원 입체투시조감도 제작하여 노선의 적합성을 사전에 확인할 수 있는 동영상 제작하였다. 우선 출발지인 제천역의 철도라인을 3차원3차원 영상위에 투시영상으로 재현시켜 보았다.(영상11)(영상12)

또한 약 15km의 중앙선 복선 철도궤도 및 노선이 제천역을 출발하여 도담역까지는 일부 교량과 산악지형을 통과해야 하므로 철도가 통과하는 노선사이의 3차원 지형을 주행하면서 확인할 수 있도록 함으



▶▶ 영상 11. 위성투시영상과 재천역(노란색) 그리고 시내도로망

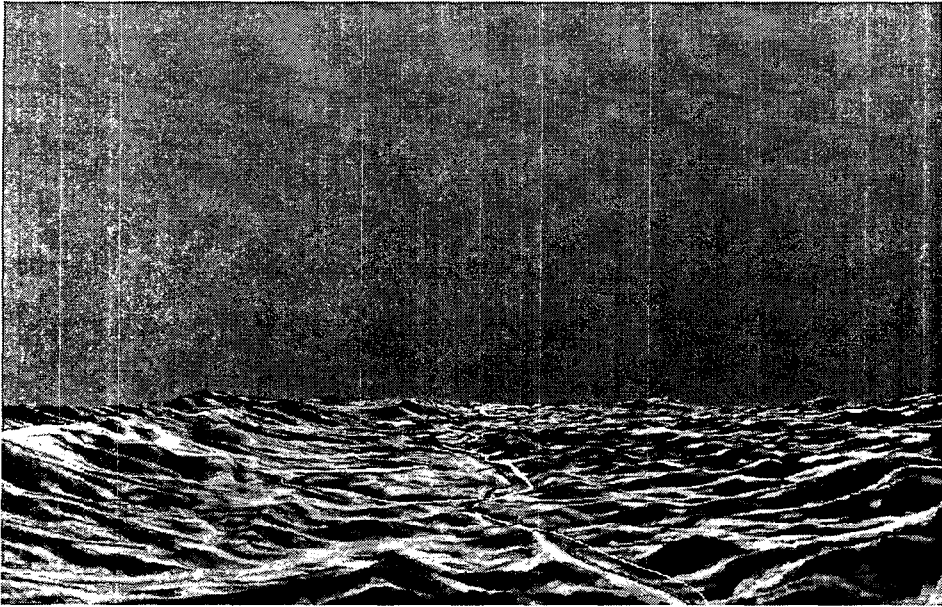


▶▶ 영상 12. 위성투시영상과 재천역(노란색)에서 동북방향으로 조망

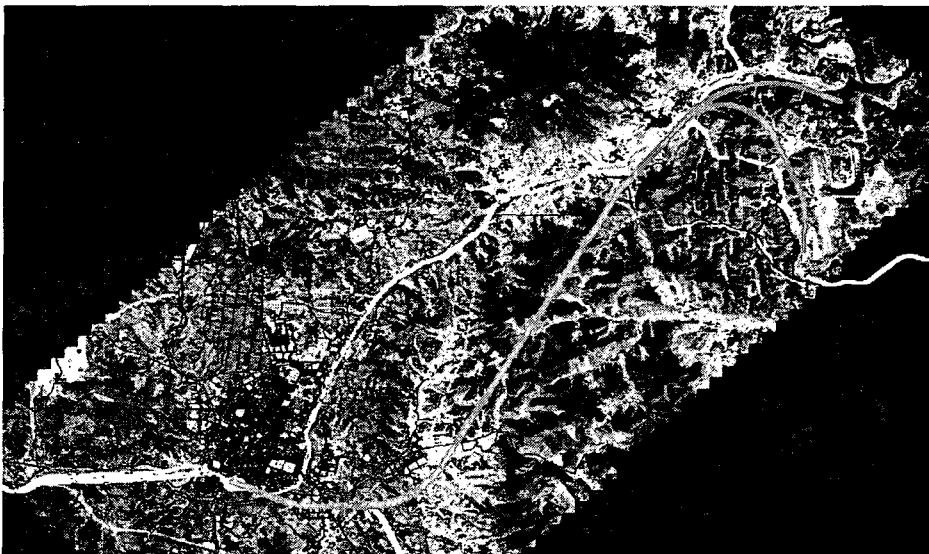
로서, 기존의 철도노선과 달라진 주행노선 및 주변의 지형을 쉽게 확인이 가능토록 하였다.(영상13) 참고로 최적노선 선정을 위해 기존 철도노선과 신설 복선 철도노선에 대한 비교를 위하여 영상14의 태백선 구간의 영상을 도시하여 나타내었다.

## 5. 지형분석 결과 및 평가

본 연구는 수치표고모형과 원격탐사 영상을 중심으로 산악지에서의 일정 공사구간에 대한 복선철도의 지형조건에 따른 노선계획과 주변의 지형여건을 고려한 노선선정 및 기본설계 분야에 활용할 수 있도록



▶▶ 영상 13. 위성투시영상위의 고명역에서 도담역 방향으로 조망해본 노선과 지형  
(북선 철도 노선별 3차원 동영상 근접비행)



▶▶ 영상 14. 참고영상-제천에서 단양구간의 기존철도(노란색) 대비 북선철도 노선(녹색)

3차원 영상조감도를 각 방향에서 생성하여 지형공간에 대한 모델링과 영상분석을 시도한 것이다. 따라서

본 연구대상 지역에 대한 DEM과 투시조감도 및 동영상의 생성을 통하여 현재 우리가 활용 가능한 다각

적인 대안을 제시하기 위하여 새로운 입체공간정보로 대체하여 분석 처리한 결과이다. 따라서 본 실험 결과를 통하여 다음과 같은 사항을 발견할 수 있었다.

1. 등고선으로 부터 생성된 DEM영상은 고도별로 영상처리 및 벡터파일의 중첩에 의해 평면의 현황도와 더불어 종단선 및 횡단선도를 쉽게 보여 줄 수 있어 지형의 관독과 분석에 있어 그 효과를 높일 수 있었다.
2. 산악지의 도로망은 산세가 급한 곳과 완만한 곳의 기복도와 경사진 곳을 고도별로 확인하기 위하여 RGB DEM 칼라기복도를 이용하여 대축척의 도로 및 건물 정보를 중첩시켜 지형조건에 맞는 경사각으로 조망하여 입체감을 증대시킬 수 있었다.
3. 3차원 영상조감도는 위성영상과 DEM을 결합하여 작성된 결과로서 예정된 복선철도노선에 대한 상세한 투시조감도에 의하여 시간과 공간의 변화에 따른 시공간 시뮬레이션으로 철도 건설 구간에 대한 기초 지형공간정보를 제공할 수 있어, 철도복선의 최적노선 계획 및 설계에 이용할 수 있는 것이 가능하도록 하였다.
4. 수치표고모형은 재 측량한 지도파일 또는 CAD 파일의 매칭과 위성영상과의 매칭처리에 의하여 다양한 복선철도 구간의 자연 지형과 시설정보의 중첩분석이 가능함으로 보다 구체적인 적정노선에 대한 지형분석모델링에 활용할 수 있을 것으로 사료됨.

#### ■ 참고 문헌 ■

- [1] 연상호(2000), 수치정사 사진제작을 위한 DEM 생성 및 추출기법에 관한 실험적 연구, 한국지리정보학회 춘계학술논문집, 한국지리정보학회, pp.159-166
- [2] 연상호, 이진덕(2000), RADARSAT 위성영상의 DEM 추출기법에 관한 실험적 연구, 한국지리정보학회 추계학술논문집, 한국지리정보학회, pp.122-133
- [3] 연상호, 홍일화(2002), 3차원 지형분석을 위한 입체영

- 상조감도 생성기술에 관한 연구, 한국지리정보학회 학술발표회논문집, 한국지리정보학회, pp212-219
- [4] 연상호, 조명희, 이진덕(2001), 원격탐사입문, 구미서관
  - [5] PCI Geomatics(2001) Geomatica Softwave manual
  - [6] ROBERT H. ARNOLD(1996), Interpretation of Airphotos and Remotely Sensed Imagery, PRENTICE HALL
  - [7] PaulM.Mather(1987), Computer Processing of Remotely-Sensed Image, John wiley&Sons pp.189-202
  - [8] 연상호, 최기정(2002), 양산-동면 도로계획을 위한 입체적 지형분석 모델링 기술연구, 2002 공동 춘계학술대회, 대한 원격탐사학회, pp.225-234
  - [9] 연상호, 홍일화(2003), 제천시 영상조감도 생성 및 3차원 시뮬레이션 기술개발에 관한 연구, 한국측량학회지 제 21권 제1호, pp.45-5
  - [10] 연상호, 홍일화, 김주일(2003), 충주댐 수몰지구의 3차원 영상복원 기법에 관한 실험적 연구, 2003 한국측량학회 추계학술발표논문집 pp.411-416