

# 수변구역의 효율적관리를 위한 수치정사영상지적도 제작

## Producing A Digital Orthoimage Cadastral Map For Efficient Management of Waterfront

김감래<sup>1)</sup> · 황보상원<sup>2)</sup> · 김경록<sup>3)</sup> · 김주용<sup>4)</sup>

Kim, Kam Lae · Hwang Bo, Sang Won · Kim, Kyoung Lok · Kim, Ju Yong

- 1) 명지대학교 공과대학 토목환경공학과 교수(E-mail : kam@mju.ac.kr)
- 2) 명지대학교 공과대학 토목환경공학과 박사과정(E-mail : swhb@shc.ac.kr)
- 3) 중앙향업주식회사 지리정보연구소(E-mail : bs3549@dreamx.net)
- 4) 명지대학교 공과대학 토목환경공학과 석사과정(E-mail : jae913669@hanmail.net)

### Abstract

본 연구에서는 수변구역의 효율적인 관리를 위하여 토지에 대한 자연적인 형상을 나타내는 수치정사영상과 필지를 중심으로 토지에 대한 물리적 현황 및 소유권이 미치는 범위를 나타내는 지적도면을 중첩한 수치정사영상지적도의 제작방법의 효율성을 모색하였다. 이를 통하여 수변구역 경계관리를 위하여 작성된 수치정사영상지적도는 수변구역의 경계관리 목적 이외에도 다양한 분야에서 매우 광범위하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 향후 지적재조사사업 시행시 임야 및 농경지의 경계를 새로이 설정할 경우 경제적이고 시각적이며 활용적인 측면에서 매우 효과적인 방법임을 확인할 수 있다.

## 1. 서 론

인간이 살아가는데 있어 필요한 여러 가지 자연환경 중에서 물과 육지가 만나는 수변구역은 지형적인 특성에 따른 이질적인 경관의 아름다움으로 많은 이들의 사랑을 받고 있는 장소이다. 또한 지역 주민들에게는 여유로운 삶을 영위할 수 있는 풍부한 농·수·산 자원을 제공하는 경제적 토대인 동시에 육지에서 발생하는 온갖 오염물질을 자연 정화하는 뛰어난 자정역할도 수행한다. 그러나 물을 선호하는 사람들의 심리에 편승한 무분별한 개발로 수변구역의 자연경관 훼손 및 수질오염이 가속화되고 있는 실정이다. 따라서 그동안 정부에서는 국토의 균형적인 개발과 보전을 위하여 상수원 수질관리에 직접적으로 영향을 미치는 상수원 인접지역의 하천 변에 공장, 축사, 음식점, 숙박시설 및 목욕탕 등 오염물질을 많이 배출하는 시설이 들어서지 못하도록 함으로써 수질오염을 예방하는 것은 물론 단계적으로 토지를 매입하고, 녹지대를 조성함으로써 오염물질을 정화시키는 완충지대로서의 기능을 높이기 위하여 수변구역 지

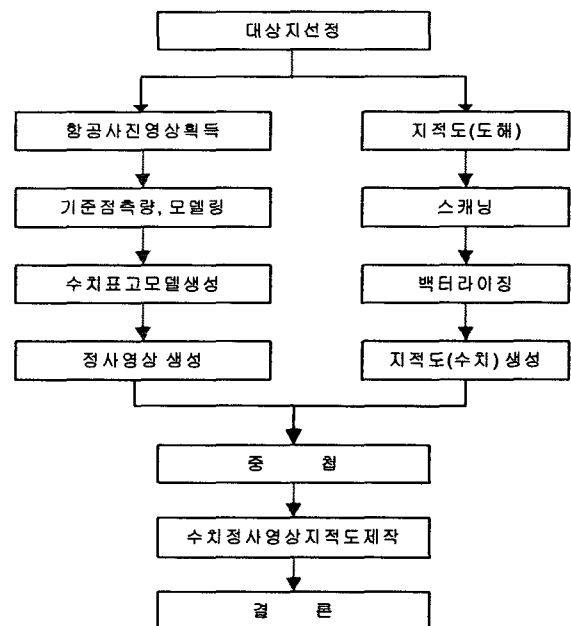


그림 1. 연구수행 흐름도

정·고시 제도를 도입하여 시행하고 있으나, 수변구역과 관련된 개별법들의 상충과 중복으로 인한 이중 규제 그리고 제약과 규제 일변도에 따른 재산권의 침해 등은 지역주민들의 거센 반발과 불만을 일으켜 수변구역 관리를 더욱 어렵게 만들고 있다. 따라서 본 연구는 수변구역의 효율적인 관리체계를 구축하기 위한 방안의 일환으로 수변구역의 토지형상과 위치를 나타내는 정사영상과 토지의 소유권이 미치는 범위를 정한 지적도면을 중첩하는 효율적인 수치정사영상지적도 작성방안을 도출하는데 그 목적이 있다.

## 2. 수치정사영상 제작

본 연구에 사용하기 위한 수치정사영상은 수치사진측량방법을 이용하였다. 항공사진 영상을 이용한 수치정사영상을 만들기 위해서는 정밀한 지상기준점측량이 선행되어야 한다. 사진측량 작업을 위해 요구되는 지상기준점 획득은 GPS 측량을 실시하였으며 이를 통하여 취득한 X,Y 좌표는 다시 Bessel에 의한 좌표로 변환한 후 TM투영한 좌표값과 가우스상사이중 투영한 좌표값을 산출하였으며 높이값은 지오이드고를 사용하였다. 이를 각각 수치사진측량의 표정을 위한 좌표값으로 사용하였다. 수치정사영상 제작과정의 전체 흐름도는 그림 2와 같으며 본연구에서 이용된 수치정사영상의 주요 내용은 다음과 같다.

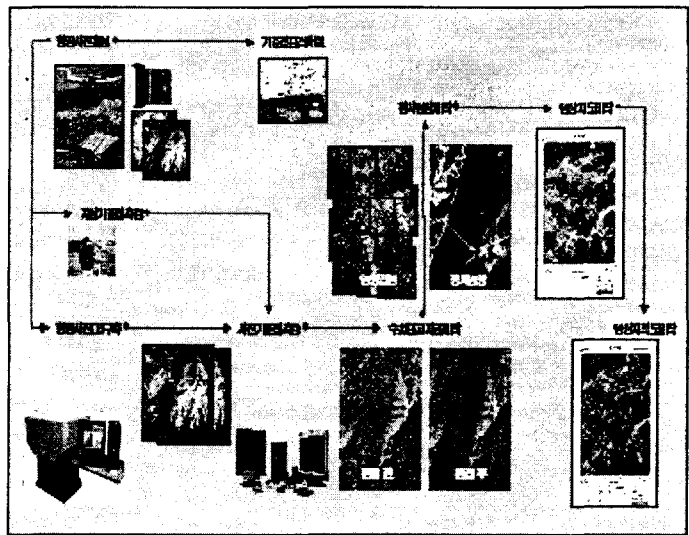


그림 2 수치정사영상 제작 전체 흐름도

### 2.1 지상기준점 측량

지상기준점 측량이라 함은 사진기준점 측량 및 세부도화 작업에 필요한 기준점의 성과를 얻기 위하여 현지에서 실시하는 지상측량을 말한다. 촬영이 끝난 항공사진의 양화필름을 가지고 지상기준점 선점을 한 후, 지상기준점 측량을 하게 된다. 측량의 기준은 Bessel 타원체에 Transverse Mercator 투영법을 사용하였으며, 평면직각좌표 가상원점은 중부원점(127°, 38°)을 사용하였다.

### 2.2 사진기준점 측량

사진기준점 측량은 수치사진측량시스템(DPW770)에 의하여 사진상에서 무수한 점들의 좌표를 관측한 다음, 소수의 대상물 기준점의 성과를 이용하여 관측된 무수한 점들의 좌표를 block 조정에 의하여 절대 또는 측지좌표로 환산해내는 과정이다. 본 과업에서는 촬영이 끝난 항공사진과 지상기준점 측량성과를 이용하여 사진기준점 측량을 실시하였다. 다음 그림은 사진기준점 측량의 세부작업과정이다.

### 2.3 영상입력

본 연구에 이용된 항공사진은 1:10,000 축척으로 촬영하여 자동독취한 천연색 수치항공사진이며 이를 DPW770에 입력하기 위해서는 입력된 항공사진영상이 표정에 사용되기 위하여 이 항공사진을 촬영한 카메라

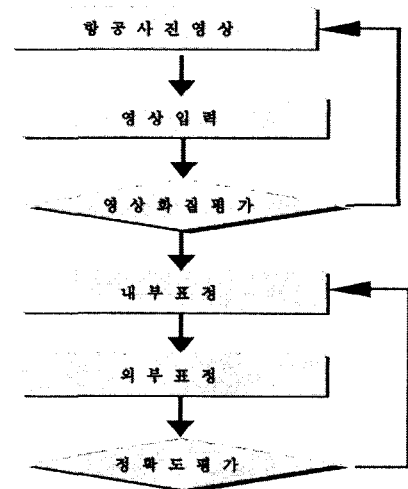


그림 3 사진기준점 측량 세부작업과정과 수치사진측량 시스템

라 정보 및 촬영당시 카메라의 위치좌표 등을 입력하여야 한다. 촬영이 끝난 항공사진은 수치화를 통해 항공사진영상을 제작하였으며, 고해상도의 수치 스캐닝 워크스테이션인 DSW 500을 이용하였다. 항공사진영상의 압축되지 않은 TIFF 포맷이다. 그림4는 항공사진영상을 입력하는 과정을 나타낸 것이다.

## 2.4 지상기준점 선정

일반적으로 기준점은 도로의 교차점이나 교량, 수로 또는 도로 굴곡부 정점 및 산 정상부 등 사진상 판별이 용이한 점 중에서 선정한다. 본 정사사진지도 제작에서는 수치사진 측량 전용 시스템인 DPW770에서 제공하는 자동밝기 조정기능(Auto Brightness/Contrast)을 이용하여 판독이 용이하도록 하였다.

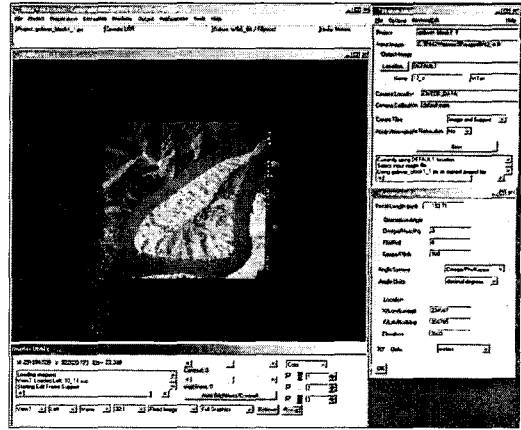


그림 4 항공사진영상입력 모듈

## 2.5 내부 · 외부표정

표정은 가상 값으로부터 구하고자 하는 최확값을 결정하는 단계적인 해석 및 작업을 말한다. 사진측량에서는 사진촬영 당시의 사정으로 엄밀 수직사진을 얻을 수 없으므로 촬영점의 위치나 사진기의 경사 및 사진축척 등을 구하여 촬영시의 사진기와 대상물(피사체)좌표계와의 관계를 재현하는 것을 말한다. 또한 수치사진측량에서 내부표정이라 함은 일반적으로 사진촬영에서 발생하는 왜곡들과 스캐닝시 발생하는 왜곡들을 보정하는 것을 말한다. 외부표정은 상호표정, 절대표정, 접합표정으로 세분화되며, 일반적으로 외부표정(모델링)이라 함은 항공사진 촬영 당시의 기하를 재현하는 것을 말한다. 여기서 기하를 구성하는 요소들을 외부표정 6요소( $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$ ,  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ )라 한다. 이러한 외부표정 6요소를 결정하기 위한 방법으로는 직접선형 변환법(Direct Linear Transformation), 다항식법(Polynomial), 독립모델 조정

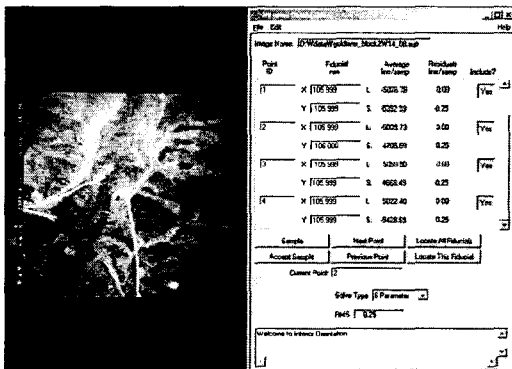


그림 5. DPW770을 이용한 내부표정

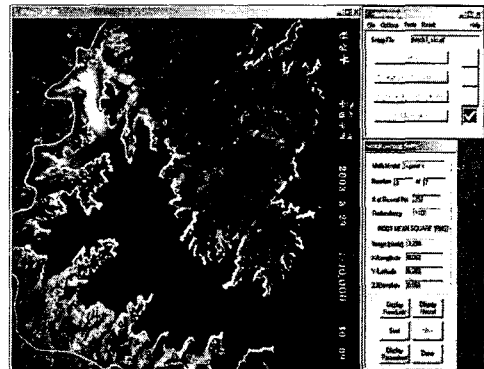


그림 6. DPW770을 이용한 광속조정법

법(Independent Model Triangulation), 광속조정법(Bundle Adjustment) 등이 있으나 본 연구에서는 세 가지 방법 중 정확도가 가장 양호하며, 조정 능력이 높은 광속조정법을 이용하였다. 그림 5와 6은 DPW770에서 내부표정과 외부표정을 수행하는 과정을 그림으로 나타낸 것이다.

## 3. 수치정사사진 제작

### 3.1 수치표고모형의 제작

수치표고모형은 실제 지형, 즉 인공지물을 제외하고, 공간상의 연속적인 기복변화를 수치적으로 모형

화한 것으로서 대상지역 내에서 추출한 임의의 3차원 좌표를 처리하며, 지형기복의 변화에 대하여 기하학적 관계를 격자형으로 구조화한 것을 말한다. 수치표고모형은 표고의 공간적분포를 수치적으로 표현한 것으로서 일반적으로 2차원 평면상에서 일정 간격의 격자 형태 또는 불규칙 삼각망 형태를 취하며 그 응용분야는 원격탐사분야, 사진측량분야, 지리정보시스템, 지형의 3차원 시뮬레이션, 국토개발, 비행체의 지형추적 항법장치 등 매우 광범위하다. 또한, 수치표고자료는 지형의 기복에 의한 왜곡을 수정하는 수치정사사진제작에도 필수적인 자료이다. 본 연구에서는 영역기반 매칭을 통하여 항공사진 영상으로부터 2m×2m 수치표고모형을 획득하였다. 그림 7은 추출하고자 하는 수치표고모형에 정보를 입력하는 창들이다.

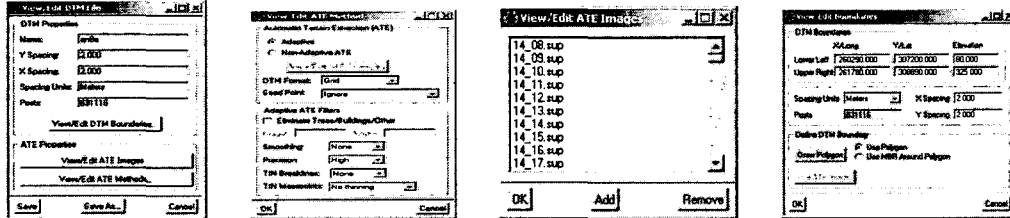


그림 7. 수치표고모형 세부입력 창

작업결과 추출한 수치표고모형을 음영기복도로 만든 그림에서 높이를 단계별로 색을 부여하여 지형의 기복을 육안으로 명확히 확인 할 수 있다. 하천의 경계에 위치한 도로까지도 명확하게 추출되었다.

### 3.3 수치표고모형 편집

DPW770에서 수치표고모형 편집에 대한 여러 가지 툴을 제공하고 있으며, 제작사에서는 이러한 툴을 최대한 이용하여 수치표고모형이 최대한 원래의 표고값을 가질 수 있도록 편집하였다. 그림 8은 원시영상과 수치표고모형 편집전과 편집후의 모습을 표현한 것이다. 수계에 대하여 편집한 것으로서 물과 인접한 선에 대하여 높이값을 입력하여 편집하였다. 수치표고모형의 정확도평가방법은 사진기준점 측량사 사용한 수준점의 Z값과 수치표고모형의 Z값을 비교하여 차를 구하였으며, 그 값들을 종합한 결과, 평균 제곱근오차(RMSE)는 0.403 m의 값을 얻을 수 있었다. 이 결과는 수치표고모델구축에 관한 작업규정에서의 허용오차 범위내의 수치에 해당된다.



그림 8. 원시영상과 수치표고모형 편집전과 편집후의 모습  
(a) 원시영상 (b) 수치표고모형 편집전 (c) 수치표고모형 편집후

### 3.4 정사편위수정

정사영상 또는 정사사진이라 함은 촬영경사에 의한 왜곡과 지형의 기복에 의한 왜곡 및 중심투영에 의한 영상의 왜곡을 보정한 정사투영 영상을 말한다. 또한, 이러한 왜곡들을 편위라 하는데, 이러한 편위들을 보정하여 정사사진을 생성하는 과정을 정사편위수정이라 한다. 본 연구에서는 외부표정 결과와 수치표고자료를 이용하여 엄밀법에 의한 수치미분편위수정을 수행하였다. 이때 영상재배열 방법은 처리속도가 빠르며 처리결과도 효과적인 공일차 보간법을 이용하였으며, 지상의 격자간격(GSD)은 0.2m로 지정하였다. 그림 9는 연구대상지역에

대해 생성한 수치정사사진을 나타낸 것이다. 정사사진의 정확도평가방법은 사진기준점 측량시 사용한 삼각점의 X,Y값과 정사사진에서의 X,Y값을 비교하여 차를 구하였으며, 그 값들을 종합한 결과, 표준편차는 X=0.519, Y=0.705 m의 값을 얻을 수 있었다. 이 결과는 영상지도 제작에 관한 작업규정에서의 허용오차 범위내의 수치에 해당된다.

#### 4. 도면제작편집

##### 4.1 수치지도 레이어추출 및 정사사진지도 정보의 추출

수치지도는 정사사진지도를 제작하는데 있어서 지형지물의 위치 및 표현방법을 결정하는 기본자료로 사용되었다. 이를 위해 국립지리원에서 제작한 1/5,000 수치지도를 구입하였다. 정사사진지도 제작에서 표현하고자 하는 필요 정보는 계획기관과의 회의를 통하여 결정되었으며 제작 목적에 따라 1/5,000 수치지도로부터 추출하였다.



그림 9. 작업지역 정사사진

##### 4.2 지적도 편집

정사사진지적도를 제작하기 위해서는 제공된 수치지적도를 편집하고 필요한 부분은 지적원도로부터 필요한 정보를 추가하여야 한다. 따라서 이러한 지적원도는 지방자치단체로부터 협조를 받아 수치화하는 작업을 수행하였고 수치화된 지적도는 배경영상과 중첩하여 정사사진지적도를 작성하였다. 편집지적도에는 지적도에서 나타나는 자료를 표현하였고 수변구역에서 제외되는 지역을 편집지적도에 경계를 표시하였으며 이는 수변구역에 해당하는 지방자치단체에서 제공된 자료에 한하여 반영하도록 하였다. 대상지역에 대한 제외지역은 표에 나타내었다. 또한 편집지적도면 출력시 지적이 밀집하여 지번을 판독할 수 없는 경우에는 그 부분을 확대하여 별도의 도면을 작성하여 첨부 도면을 출력하였다.

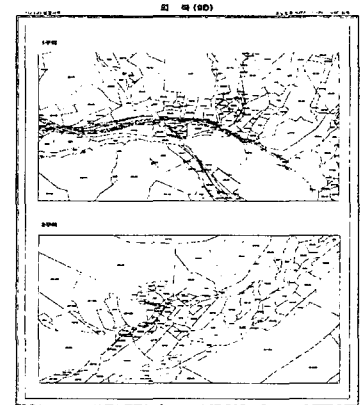


그림 10. 편집지적도(일부)

##### 4.3 영상/벡터중첩

필요한 정보를 추출하여 dxf 포맷으로 저장한 벡터자료를 Adobe Illustrator 9.0에서 입력하여 편집에 사용하도록 하였으며, 입력된 벡터자료의 선형자료와 텍스트는 완벽하게 변환되어 입력되었다. 보안지역에 대한 영상처리를 수행한 1/2,500 영역에 단위 정사사진도 Adobe Illustrator로 입력하였으며, 입력된 영상은 벡터자료의 영역보다 넓게 입력되므로 각 영상 모서리를 마우스로 드래그하여 도곽에 맞도록 편집하였다.

##### 4.4 주기편집

정사사진지도의 활용 특성상 많은 주기와 도형정보의 삽입은 오히려 배경영상 정보를 잠식하거나 훼손하는 결과를

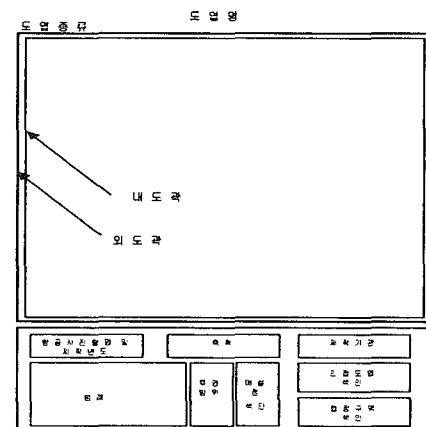


그림 11. 정사사진지적도 레이아웃

초래한다. 따라서 주요기관과 업무분석을 통하여 필요한 정보에 대해서만 정보를 추출하여 삽입하였다.

#### 4.5 레이아웃 편집

도엽의 크기는 현재 일반적인 종이지도의 크기인 A1 크기로 하였다. 이는 가로 약 54cm, 세로 약 78cm로 국립지리원 발행 종이지도와 동일한 규격이다. 정사사진지도와 정사사진지적도, 편집지적도의 구성은 각각 다음의 그림과 같다.



그림12. 정사사진지도

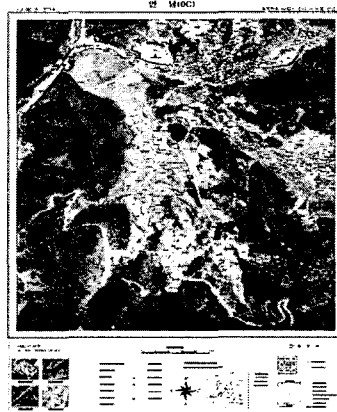


그림 13. 정사사진지적도

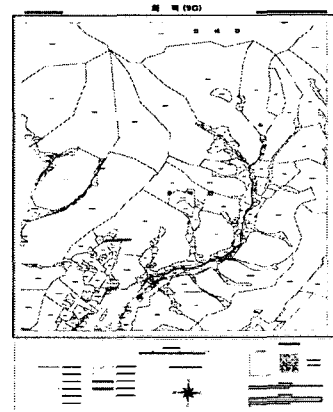


그림 14. 편집지적도

### 5. 결 론

본 연구에서는 수변구역의 효율적인 관리를 위하여 토지에 대한 자연적인 형상인 지표면의 형태·수계(水系)·토지의 이용·취락 및 도로·철도 그 밖의 각종 공작물 등의 배치상황 등을 자세하고도 정확하게 촬영한 항공사진에서 기하학적인 보정을 통하여 정사투영의 특성을 가지도록 제작한 수치정사영상과 필지를 중심으로 토지에 대한 물리적 현황 즉 소재, 지번, 지목, 면적, 경계를 등록·공시하고 소유권이 미치는 범위를 나타내는 지적도면을 중첩하여 작성한 정사영상지적도는 무한대의 지형정보와 문화적 정보를 판독해 낼 수 있는 사진의 미세한 부분까지 그대로 포함하고 있으며, 모든 지형지물의 상호 위치가 지형도와 동일하며 거리, 각도, 지형지물의 위치 및 좌표, 면적 등의 정보를 얻을 수 있으며, 토지에 대한 사용·수익·처분의 권한을 의미하는 소유권에 대한 범위와 한계를 지상의 지형·지물과 대비하여 확인할 수 있다. 따라서 수변구역 경계관리를 위하여 작성된 수치정사영상지적도는 수변구역의 경계관리 목적 이외에도 다양한 분야에서 매우 광범위하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 향후 지적 재조사사업 시행시 임야 및 농경지의 경계를 새로이 설정할 경우 경제적이고 시각적이며 활용적인 측면에서 매우 효과적인 방법임을 할 수 있었다. 향후 토지관련 정보의 활용 확대와 다양한 토지정책정보의 제공을 위하여 더욱더 다양한 중첩 방안이 모색되어야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 국방과학연구소, 1992. 위성영상을 이용한 3차원 정사투영영상 생성법에 관한 연구.
2. 김영표, 박성미, 1998. 공간정보기반 확충을 위한 인공위성 영상자료 활용방안 연구.
3. 행정자치부, "지적불부합지 정리를 위한 학술연구", 2002, p3~p5
4. Jantien Stoter, 「Consideration for a 3D Cadastre」, TU Delft, 2000, p.19~20.
5. J.F.Raper and B. Kelk. Three-dimensional Geographical Information Systems, chapter 20, p.299~317. Goodchild and Maguire and Rhind, 1991.