

## 수치입체영상을 이용한 임상도의 제작 및 갱신

### Producing and Updating Digital Map of Forest Stands Using Digital Stereo Images

조우석<sup>1)</sup>, Woosug Cho · 정한용<sup>2)</sup>, Han-Yong Jung · 이영진<sup>3)</sup>, Young-Jin Lee

<sup>1)</sup> 인하대학교 토목공학과 조교수, Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, Inha univ.

<sup>2)</sup> 국토연구원 국토정보센터 연구원

<sup>3)</sup> 인하대학교 지리정보공학과

**SYNOPSIS** : 정보화사회에서 필수적인 사회간접자본으로 간주되고 있는 지리정보체계는 국토공간의 효율적인 이용 및 관리, 재해예방 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 특히, 전 국토의 2/3 이상을 차지하고 있는 산림은 환경적 가치의 확산에 따라 산림정보의 체계적인 관리를 위해 지리정보체계의 활용이 급증하고 있다. 본 연구에서는 수치사진측량 방법을 이용하여 수치입상도의 효율적인 수정 및 갱신방법을 제시하였고, 이를 실제작업에 적용함으로써 적합성을 검증하였다. 이를 위해 연구 대상지역의 항공사진 영상과 IKONOS 위성영상을 이용하여 수치입상도를 갱신함으로써 임상의 판독정확도, 임상의 위치정확도, 에피폴라영상 제작과정에서 소요되는 제작시간 및 제작 숙련도, 제작비용 등을 비교, 분석함으로써 사용되는 수치영상의 적합성 여부를 판단하였다. 이러한 비교 결과를 토대로 위성영상을 이용하는 방법이 기존의 방법이나 항공사진을 이용한 방법에 비해 보다 효과적인 방법임을 판단할 수 있었으며, 고해상도 위성영상을 이용한 임상도 제작 및 갱신방법이 항공사진이 갖는 판독상의 문제점과 제작과정의 복잡함을 보완할 수 있는 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

**Key words** : 수치사진측량, 입체영상, 임상도, 인공위성영상, 에피폴라영상

## 1. 서론

최근 정보화사회에서 필수적인 사회간접자본으로 간주되고 있는 지리정보체계는 국토공간의 효율적인 이용·관리, 환경대책, 재해예방 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 특히, 국토의 2/3 이상을 차지하고 있는 산림은 환경적 가치의 확산에 따라 산림정보에 대한 수요가 급증하고 있는 실정이다. 현재 산림정보의 체계적인 관리를 위해 지리정보체계의 활용이 급증하고 있으며, 방대한 산림정보의 현시성 유지와 지속적인 모니터링의 수행을 위한 방안으로 다양한 수치영상을 이용한 수치사진측량기술이 요구되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 수치입체영상을 이용한 수치입상도의 제작·갱신 방법을 제시함으로써 실제 작업에서의 적용 가능성을 알아보고자 한다. 또한, 동일한 대상지역을 촬영한 항공사진영상과 IKONOS 위성영상에 대해 본 연구에서 제안한 방법을 적용함으로써 임상의 판독정확도와 위치정확도, 에피폴라영상 제작과정에서 요구되는 제작시간과 숙련도, 비용 등을 비교 및 분석하고, 이를 통해 사용되는 수치영상의 적합성을 판단하고자 한다.

본 연구에서는 항공사진을 스캐닝한 수치영상과 IKONOS 위성영상을 이용하여 수치사진측량 방법에 의한 임상도의 제작·갱신작업을 수행하였다. 또한 임상도에서 산림의 변화가 발생한 지역을 탐지하기 위하여 최신의 수치영상을 사용하였으며, 기존의 임상도와 중첩시켜 변화된 지역에 대해서 임상도를 갱신하였다.

## 2. 임상도 제작방법

### 2.1 기존의 임상도 제작방법

기존의 임상도는 입체경을 이용하여 항공사진 입체모델에 나타나는 시차와 수고를 계산하고 수관직경 및 수관밀도를 측정한다. 또한 필름판을 입체시된 사진 위에 밀착시켜 단위 면적 내에 생립하는 입목본수를 추정하여 산림을 구획한다. 구획된 도면은 현지조사를 통하여 검증하는 절차를 거치며, 작업이 완료되면 항공사진 위에 표시되어진 입분구획을 도면이사기를 이용하여 1:25,000 축척의 지형도에 이사함으로써 임상도가 제작된다. 또한, 기존의 임상도를 전산화한 수치임상도는 1:25,000 축척으로 제작되며, 입분<sup>1)</sup>의 위치 등과 같은 도형자료는 위상정보를 포함하는 벡터형식의 도형으로 입력되고 임상, 경급, 영급, 소밀도 등과 같은 속성자료는 각 입분에 연결하여 입력된다. 그림 1은 기존의 임상도 제작을 위한 작업방법을 순차적으로 나타낸 것이다.

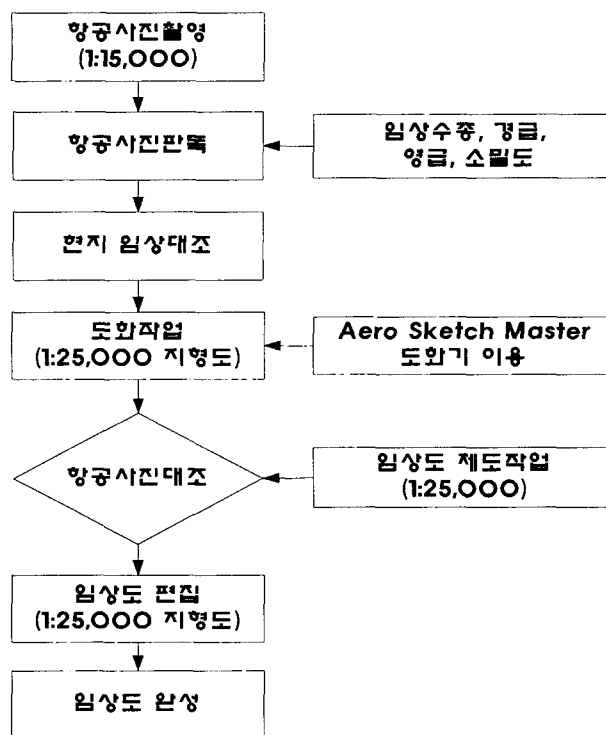


그림 1. 기존의 임상도 제작 방법

### 2.2 수치입체영상을 이용한 임상도 제작 방법

수치입체영상을 이용한 임상도 제작방법에는 기존의 수치임상도를 갱신하는 방법과 신규 제작하는 방법이 있다. 기존의 수치임상도를 갱신하는 방법은 변화된 임상과 갱신전의 임상을 쉽게 비교하여 판독할 수 있으므로 산림의 면적, 임상별 면적 등 통계값의 비교가 용이하며, 임상도 제작과정의 효율성 면에서도 신규 제작하는 방법보다 우수하다. 그에 비해 항공사진을 이용하여 임상도를 신규 제작하는 방법은 제작시간, 비용이 많이 소요된다는 단점을 가지고 있다.

수치입체영상을 이용한 수치임상도의 신규제작 과정은 다음과 같다. 수치입체영상을 이용하여 내부표정, 상대표정, 절대표정, 혹은 항공삼각측량을 수행하여 에피폴라영상을 제작하게 되며, 제작된 에피폴라영상을 이용하여 입체시를 통해 임상을 판독하고 도화하여 수치임상도를 제작한다. 입체도화된 수치임

1) 본 연구에서는 입분을 수종과 수령, 임상, 생육상태 등이 비슷하고 인접산림과 구별되는 한 단지의 산림이라 정의한다.

상도는 편집과 오류수정 과정을 거쳐 최종적으로 완성된다. 또한 기존의 수치임상도를 이용하여 갱신하는 방법은 기존의 수치임상도를 제작된 에피폴라영상과 중첩시켜 영상을 판독하여 수정·갱신한다. 수치영상을 이용하는 수치사진측량은 항공사진영상 뿐만 아니라 다양한 해상도의 위성영상을 이용하여 수치임상도를 제작할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그림 2는 본 연구에서 제안하고 적용한 수치입체영상을 이용한 수치임상도 신규제작 및 갱신작업의 흐름도를 보여준다.

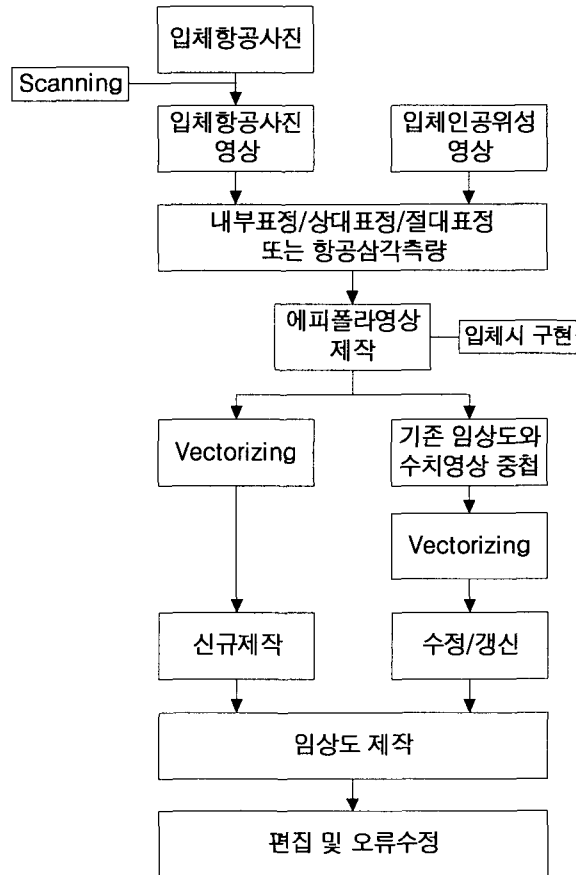


그림 2. 수치입체영상을 이용한 임상도 제작 방법

### 3. 수치입체영상을 이용한 수치임상도의 제작 및 갱신

#### 3.1 사용데이터

본 연구에서는 산림청 임업연구원에서 산림의 실태를 정확히 파악하고 계획적인 산림녹화의 기반조성을 위하여 제작한 3차 임상도와 4차 임상도 중 울산과 해남지역의 수치임상도를 이용하였다. 또한 해남지역의 항공사진은 산림청에서 1999년 10월 16일과 11월 13일에 초점거리 154mm인 RC30(WILD) 카메라를 이용하여 촬영한 항공사진을 1000 dpi의 해상도로 자동독취한 영상이다. 대상지역의 항공사진은 산림을 판독하기에 적당하고 음영지역을 최소화 할 수 있는 시간인 오전 11-13시 사이에 촬영되었으며, 총 6개 스트립, 98매의 사진으로 구성되어 있다. 울산지역의 항공사진은 산림청에서 1998년 10월 15일에 초점거리 153mm인 RMK A 15/23 카메라를 이용하여 촬영한 항공사진을 1000 dpi의 해상도로 자동독취한 영상으로 총 3개 스트립, 35매의 사진으로 구성되어 있다.



그림 3. 대상지역 항공사진 (해남)

본 연구에 사용된 위성영상은 IKONOS영상으로 울산광역시의 북쪽경계와 경상북도 남쪽 경계지역을 2001년 10월 31일에 촬영한 영상이다. IKONOS영상은 보다 정확한 임상구분을 위해서 Near-IR, Red Green밴드를 Intergraph 사의 Image Analyst를 이용하여 pan-sharpened merge image를 제작하였다.

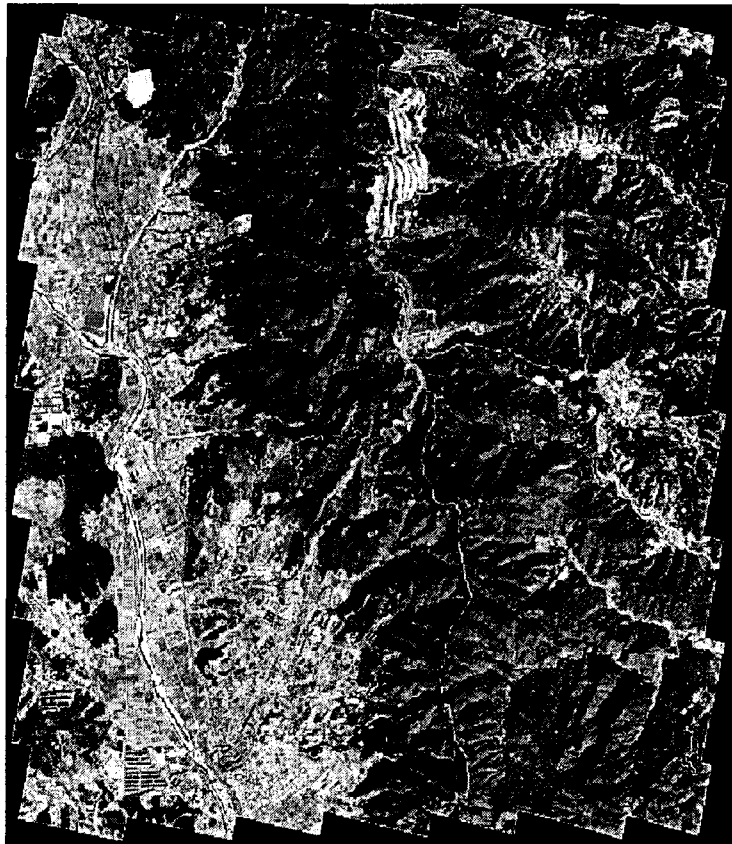


그림 4. Pan-sharpened merge image (R:NIR, G:RED, B:GREEN)

### 3.2 Epipolar Image 제작

수치입체영상을 이용하여 3차원 정보를 추출하기 위해서는 에피폴라 영상을 제작하여야 한다. 본 연구에서는 항공사진영상과 IKONOS 영상을 이용하여 에피폴라 영상을 제작하였다. 항공사진영상의 경우에는 입상도에 포함되는 46개 모델에 대하여 에피폴라 영상을 제작하였고, IKONOS 입체 위성영상인 경우에는 1개 모델의 에피폴라 영상을 제작하였다.

항공사진영상의 에피폴라 영상제작은 내부표정, 상대표정, 항공삼각측량 과정을 수행해야 하며, 이 과정에서 많은 시간과 노력, 숙련도가 요구된다. 예를 들어 울산지역은 대상지역을 수치영상이 포함하기 위해 34장의 항공사진 수치영상이 필요한 반면 위성영상은 중복되는 2장의 영상으로 그 지역을 포함 할 수 있다. 또한 항공사진영상은 상대표정과 항공삼각측량 과정에서 pass point와 tie point의 선정에도 각별한 주의를 필요로 한다. 지상기준점의 분포는 항공삼각측량의 정확도에 영향을 미치므로 지상기준점의 선정에도 주의를 필요로 한다. 그러나 항공사진영상을 이용할 경우에는 인공위성을 이용하는 경우보다 정확한 에피폴라영상을 제공한다는 장점을 가지고 있다.

위성영상을 이용한 에피폴라 영상의 제작은 항공사진영상을 이용한 에피폴라 영상의 제작보다 용이하다. 특히 IKONOS 위성영상의 경우, 위성영상에 해당하는 RPC데이터와 Header 데이터만을 이용하여 에피폴라영상을 생성할 수 있다. 즉, IKONOS 위성영상은 RPC데이터를 제공하므로 항공사진측량에서 수행되는 내부표정, 상대표정, 항공삼각측량 과정을 생략하게 된다. 그러므로 일반사용자가 쉽게 영상을 이용하여 에피폴라영상을 생성할 수 있으며, 수행시간과 노력을 줄일 수 있다. 그러나 IKONOS 위성영상은 공간해상력이 1m 정도이므로 정확도 측면에서는 항공사진영상을 이용하는 경우보다 오차의 범위가 크지만 수치입상도 제작이나 중축척의 수치지도 제작에는 항공사진영상을 이용하는 것보다 경제적인 것으로 판단된다. IKONOS 위성영상은 영상과 영상처리 소프트웨어가 고가인 단점을 가지고 있지만, 장기적인 측면을 볼 때 항공사진보다 중축척의 수치지형도, 수치입상도의 유지·보수에 있어서 비용면에서도 효율적일 수 있다.

### 3.3 항공사진을 이용한 입상도 제작 및 갱신

제작된 에피폴라 영상과 3차 수치입상도를 중첩한 후 입체영상 판독을 통해 변화된 지역에 대한 수치입상도를 갱신하였다. 별채된 산림이나 입상도에 의해 산림의 경계가 잘못 구획된 부분과 도로나 골프장 등 인공 구조물에 의한 임분의 구획변화는 쉽게 수정이 가능하였으나, 입상, 영급, 경급, 소밀도의 기준에 의하여 구분되는 임분경계는 판독의 숙련도가 필요한 작업이므로 최근 임업연구원에서 제작된 4차 수치입상도를 이용하여 임분구획에 참고하였다. 수정전의 3차 수치입상도를 항공사진의 에피폴라영상과 중첩하여 판독한 결과 수치입상도에 위치오차가 있음이 발견되었으며, 이러한 위치오차는 사진판독과 도면이사를 별도로 수행하는 기존의 입상도 제작방법상 불가피한 결과로 판단된다. 해남지역의 항공사진영상을 이용하여 갱신작업을 수행한 최종적인 입상도와 기존 수치입상도의 중첩된 결과는 그림 5와 같다.

1991년에 제작된 3차 입상도(녹색)와 수치입체영상을 이용하여 갱신된 새로운 입상도(적색)를 비교한 결과 3차 입상도는 전반적으로 임분경계에 오차를 나타내고 있음이 확인되었으며, 솔껍질까지벌레 피해 지역에 대한 벌채와 조림 등으로 임분의 특성이 변경된 부분을 확인할 수 있었다. 또한, 본 연구에서 입상도의 갱신을 위해 사용된 항공사진은 4차 입상도 제작을 위하여 촬영된 것이므로, 이를 이용하여 3차 입상도를 갱신하였다면 이론적으로 4차 입상도와 거의 동일한 결과를 보여주어야 하지만, 4차 입상도 역시 기존의 입상도 제작방법을 이용하여 제작되었기 때문에 위치오차가 발생하고 있음을 볼 수 있었다. 입상도는 위치정확도보다는 구획된 임분의 특성을 강조하는 주제도이므로 약간의 위치오차는 큰 문제가 되지 않을 수도 있지만, 도로망도, 행정도, 임야도 등의 다른 주제도와 중첩하여 사용하는 경우가 증가하기 때문에 수치입상도의 위치정확도에 대한 요구가 점점 강조되는 추세이다.

그림 6은 4차 수치입상도와 항공 수치영상을 이용하여 제작한 수치입상도를 중첩하여 나타낸 것으로

약간의 임분 구획오차와 위치오차가 발생되었음을 볼 수 있다. 이것은 앞에서 언급한 바와 같이 4차 수치임상도 역시 기존의 임상도 제작방법으로 제작된 것이므로 위치오차가 발생한 것으로 판단되며, 따라서 기존의 임상도 제작방식과 수치입체영상을 이용한 임상도 제작방식을 비교하였을 때 임상도의 판독정확도는 거의 유사하다고 판단할 수 있다.

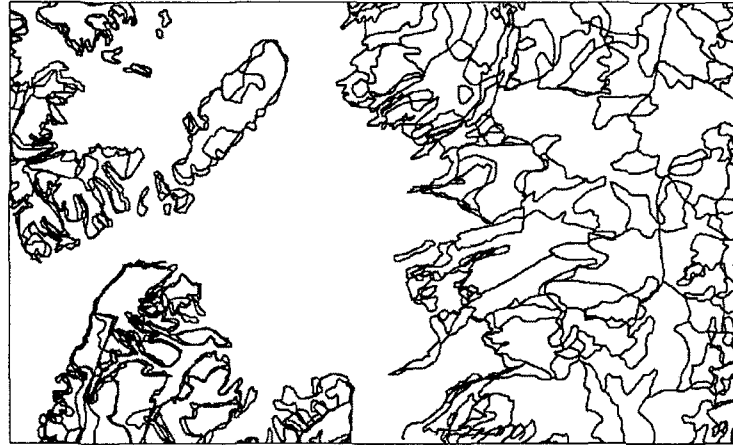


그림 5. 항공사진을 이용하여 갱신한 임상도(적)와 3차 임상도(녹)

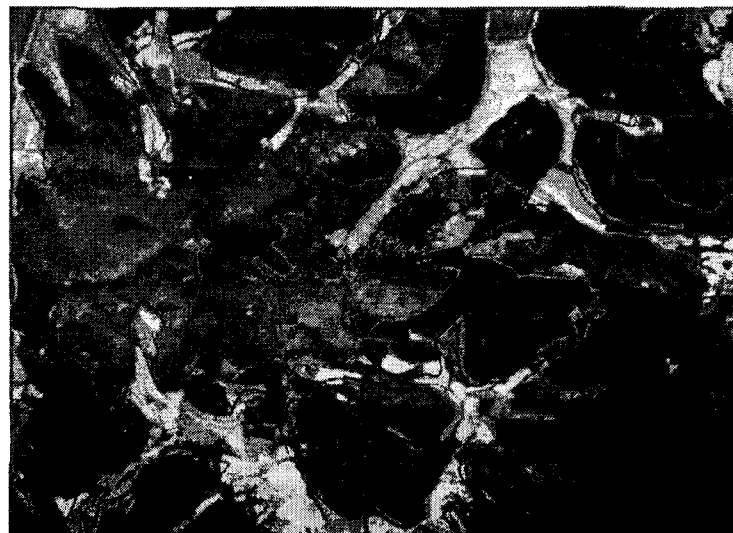


그림 6. 4차 수치임상도와 수치입체영상에 의해 제작된  
수치임상도의 중첩

### 3.4 위성영상을 이용한 수치임상도의 제작 및 갱신

최근 촬영된 울산광역시 북부의 산림지역에 대하여 IKONOS 위성영상을 이용하여 3차 임상도를 갱신하였다. 작업방법은 항공사진을 사용하는 방법과 동일하지만, IKONOS 위성영상의 경우 칼라영상이므로 침엽수림, 활엽수림, 혼효림 등의 임상구분이 용이하였다. 그러나 IKONOS 영상의 공간해상도가 항공사진보다 낮기 때문에, 개개목의 수관크기에 따라 결정되는 영급이나 경급의 판독은 용이하지 않았다. 이 지역에 대해서도 최근 제작된 4차 임상도를 참고자료로 사용하여 산림판독의 경험부족을 보완하였다.

2001년 촬영된 울산지역의 IKONOS 위성영상을 3차임상도와 중첩한 결과 3차임상도의 임분 경계오차가 발생하였음을 알 수 있었다. 이 지역은 해남과 달리 대도시 주변에 위치하고 있기 때문에 산림훼손의 가능성이 높은 지역이므로 산림이 변화한 부분이 많이 관찰되었다. 가령 3차임상도에 산림으로

구획된 부분에 골프장이나 택지가 개발되어 변화가 발생한 모습을 볼 수 있었고, 이러한 대규모 변화는 쉽게 갱신될 수 있었다. 이와 같이 산림변화가 빈번한 지역에 대해서는 지금보다 빠른 주기로 임상도의 갱신이 필요하고, 이러한 임상도 갱신을 위해서는 주기적으로 영상 획득이 가능한 위성영상이 적절하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다. IKONOS영상과 4차 임상도를 중첩한 결과 명암과 색깔, 거칠기 등으로 구분이 가능한 임분의 구획이 다소 어긋나 있음을 확인 할 수 있었다. 그림 7에서 보는바와 같이 명암·색깔의 차이, 거칠기 등을 통하여 임상과 영급, 경급 등을 확연히 구분할 수 있다. 이렇게 구분되는 임상구획을 3차원 마우스를 이용하여 선을 구획함으로써 기존의 임상과 다른 부분에 대한 갱신작업이 이루어질 수 있다.

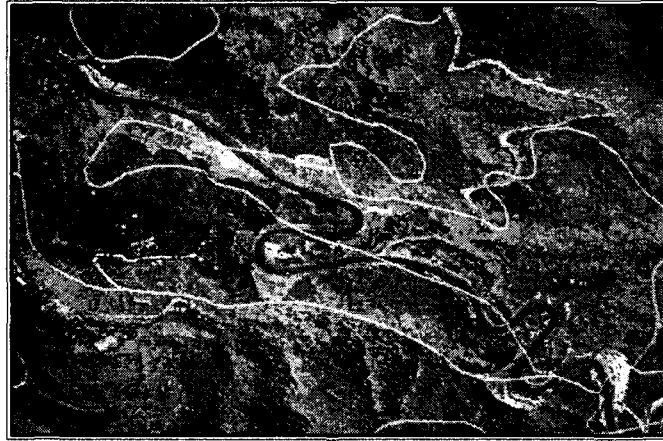


그림 7. IKONOS 위성영상에 중첩된 수정전 4차 임상도

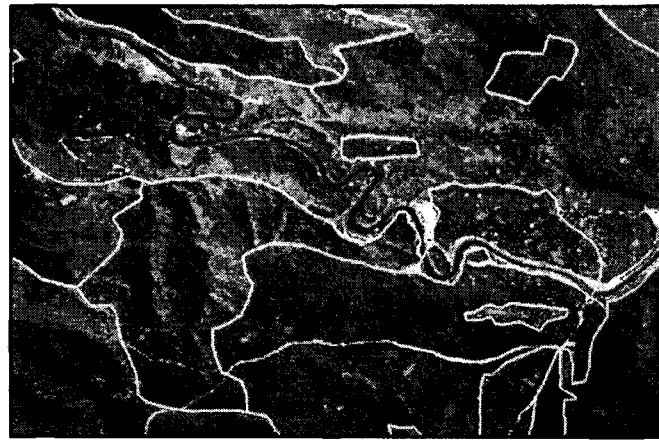


그림 8. IKONOS 위성영상을 이용하여 갱신한 임상도

### 3.5 항공수치영상과 위성영상을 이용한 수치임상도 제작결과 비교

수치임상도의 제작에 있어서 항공사진영상과 위성영상의 사용은 각각 장단점을 가지고 있다. 위성영상을 이용할 경우의 가장 큰 장점은 낮은 제작비용을 들 수 있다. 즉, 동일한 대상지역에 대하여 고해상도 위성영상의 촬영폭은 10-28km로 항공사진의 촬영폭에 비하여 매우 넓기 때문에 많은 수의 항공 수치영상에 대해서 모델을 구성해야하는 경우와 비교했을 때 소요비용과 소요시간 면에서 훨씬 효율적이다. 또한, 수치임상도의 제작시간 단축을 통해 현재는 거의 불가능한 주기적인 갱신이 가능할 것으로 판단된다. 항공사진영상은 인공위성영상에 비하여 상대적으로 높은 공간해상도를 가지고 있으므로 수관의 형태가 비교적 잘 나타나기 때문에 영급과 경급의 판단에 있어서 매우 수월하다는 장점을 가지고 있다. 그러나, 인공위성 영상의 경우에도 영급, 경급에 대한 정확한 판단은 어렵지만 수관의 형태는 판독할 수

있으며, 각 밴드별 과장대역의 특징을 이용하여 수종의 구분뿐만 아니라 병충해 발생지역, 산불 발생지역의 판독 등 부수적인 작업이 가능하다는 점에서 보다 유용성을 갖는다. 그러나 IKONOS영상은 영상 취득을 위해 촬영주기 및 기상조건 등 여러 가지 제약조건을 고려해 주어야 하며, 인공위성의 운용궤도에 따라 미리 계획을 수립하여 촬영을 요청해야 때문에 고가의 비용이 소요되는 문제점을 내재하고 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 수치입체영상을 이용한 임상도의 제작·갱신방법을 제시하였고, 사용되는 수치영상의 종류에 따른 비교를 통하여 보다 효율적인 수치임상도의 제작·갱신 방안을 제시하였다. 기존의 임상도 제작방법은 수치영상을 이용한 방법에 비해 판독정확도와 임상도의 위치정확도에서 낮은 정확도를 나타내고 있음이 확인되었으며, 제작의 효율성과 제작시간의 측면에서도 수치입체영상을 이용한 방법보다 비효과적인 것으로 나타났다. 따라서 수치입체영상을 이용한 임상도의 제작·갱신이 효과적이라 판단된다.

항공사진영상과 위성영상을 이용한 수치임상도를 시험 제작하여 위치 및 판독정확도, 비용, 숙련도, 제작시간 등의 측면을 비교한 결과, 항공사진영상을 이용한 경우가 위성영상을 이용한 경우에 비해 제작비용이 많이 들고, 입체모델의 제작시간, 임상도의 주기적인 갱신 등에 있어 비효율적인 것으로 나타났다. 또한, 인공위성영상은 항공사진영상이 흑백영상 위주로 촬영되었던 것과 달리 다양한 과장대의 영상을 사용할 수 있으므로, 수치임상도 제작에 있어 임상도의 판독정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 에피폴라영상의 제작시간과 제작에 필요한 숙련도 측면에서도 위성영상을 이용한 수치임상도의 제작방법이 보다 효율적이었다. 따라서, 위성영상을 이용한 수치임상도의 제작이 여러 가지 측면에서 효율적인 방법인 것으로 판단되며, 향후에는 수치임상도의 주기적인 갱신이 이루어질 것으로 보인다.

본 연구에서는 이러한 비교를 통하여 위성영상을 이용한 수치임상도의 수정·갱신 방법이 기존방법과 항공사진영상을 이용한 방법에 비해 효과적임을 판단할 수 있었으며, 고해상도 위성영상을 이용한 임상도 제작 및 갱신방법은 항공사진이 가지는 판독 상의 문제점과 제작과정의 복잡함을 보완할 수 있는 방안이 될 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 김용일, 2000. 3, “위성영상의 해상력에 따른 지리정보의 판독”, 대한 토목학회논문집 20권 2D호, pp. 211-217.
2. 김현숙, 1999, “고해상도 위성”, G&G Millennium / Vol.02 No.2 pp. 8-10.
3. 안유신, 2000, 모델공간에서의 에피폴라 영상기하. 석사학위논문, 인하대학교, pp. 10-29.
4. 이병환, 1999, “고해상도 위성영상의 판독”, G&G Millennium / Vol. 02 No. 8, pp. 7-9.
5. 윤정숙, 1999, 위성영상을 이용한 수치임상도 갱신. 석사학위논문, 인하대학교, pp. 16-18.
6. 조우석, Digital Photogrammetry System.
7. 조우석, 1999. 11, “수치사진측량학”, 인하대학교 지리정보공학과 지형정보연구실 기술메모.
8. Chester C. Slama, 1980, “Manual Of Photogrammetry, 4th edition.”, pp. 453-518, 546-560.
9. Edward M. Mikhail & James S. Bethel & J. Chris McGlone, 2001, “Modern Phothgrammetry”, pp. 1-12, 31, 123.
10. Francis Moffitt & Edward M. Mikhail, “Photogrammetry 3rd edition”, pp. 122, 518, 355-379.
11. GIM International, 2000, “Product Survey on Digital Photogrammetric Workstations”, Vol. 14.
12. Paul R. Wolf & Bon A. Dewitt, 2000, “Elements of Photogrammetry with Applications in GIS 3rd edition”, pp. 366-403
13. Toni Schenk, 1999, “Digital Photogrammetry”, TerraScience, pp. 315-416.
14. Thomas M. Lillesand & Ralph W. Kiefer, 2000, “Remote Sensing and Image Interpretation 4th edition”, pp. 12-21, 236-246, 436-438.