

## 수치임상도 제작을 위한 산림항공사진 영상판독시스템 개발(Version 1.0)\*

유병오<sup>1\*</sup> · 김종찬<sup>1</sup> · 김성호<sup>1</sup>

## Development of FAPIS(Forest Aerial Photograph Interpretation System) for Digital Forest Cover Type Mapping(Version 1.0)\*

Byung-Oh YOU<sup>1\*</sup> · Chong-Chan KIM<sup>1</sup> · Sung-Ho KIM<sup>1</sup>

### 요 약

본 산림항공사진 영상판독시스템 개발은 기존의 아날로그 방식의 제작과정을 개선하기 위해 제작 기반 기술 및 작업공정을 최적화하여 임상도 제작의 정확성과 효율성을 높이는데 그 목적이 있다. 이를 위해 시스템 구축에 필요한 수치임상도, 항공사진, 수치지형도 등의 DB 모델을 설계하고 검색 엔진, 화면제어, 입체 판독 모드 전환, 편집 도구, 출력 레이아웃 자동 설정 등의 기능과 연동될 수 있도록 인터페이스를 간결하게 구성하였다. 이를 바탕으로 표준화된 방법론을 제시함으로써 각종 수치주제도를 제작하는데 응용 및 확장할 수 있으며, 의사 결정 활용 및 신속한 산림자원정보를 전달할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 수치임상도, 항공사진, 판독, FAPIS

### ABSTRACT

The purpose of the FAPIS(Forest Aerial Photograph Interpretation System) development is to increase accuracy and efficiency of the digital forest cover type mapping for improving conventional analog-based mapping procedures by optimizing work-flow and mapping technology. The database models including digital forest cover type map, aerial photograph, and topographic map were designed for use in this system construction. The interface configured concisely to connect with functions such as

2011년 3월 28일 접수 Received on March 28, 2011 / 2011년 5월 23일 수정 Revised on May 23, 2011 /  
2011년 6월 17일 심사완료 Accepted on June 17, 2011

\* 본 시스템 개발은 특허출원 제10-2007-57993호 『영상판독 시스템과 수치임상도 제작 방법』 발명의 일부임.

1 국립산림과학원 기후변화연구센터 산림자원정보과 Division of Forest Resources Information, Dept. of Forest & Climate Change, Korea Forest Research Institute

\* 연락처 E-mail : boyoofri@forest.go.kr

search engine, display control, conversion to stereo interpretation mode, modification tools, automation of print layout and database models. It is expected that the standardization methodology based on this system can be applied and extended in making all kinds of digital thematic maps, providing decision-making and information of forest resources.

**KEYWORDS** : Digital Forest Cover Type Map, Aerial Photograph, Interpretation, FAPIS

## 서론

임상도 제작은 국가산림자원조사와 더불어 산림정책의 중요한 기초 자료로서 방대한 면적을 조사해야만 되는 막중한 업무이다. 세계 대부분의 국가에서는 소축척(1/50만~100만)의 산림지도를 제작하는 반면, 우리나라는 1972년부터 숙련된 산림조사 전문가의 노하우를 바탕으로 대축척(1/25,000) 임상도를 제작하여 활용하고 있다. 지난 1972년부터 국가산림자원조사의 결과물로 제1차(1972~1974), 제2차(1978~1980), 제3차(1986~1992), 제4차(1996~2005) 총 4차례에 걸쳐 1:25,000 축척으로 제작되어 왔다. 제1차 임상도는 1:15,000 축척의 흑백 항공사진을 촬영하여 임상 판독과 간이도화 과정을 거쳐 등고선이 없는 임상도를 제작하였다. 제2차 임상도는 1:25,000 축척의 지형도를 기본도(Base map)로 하여 제작하였으며, 이후 제3차 임상도는 전산화하여 수치화하였으며, 제4차 임상도는 수치임상도 표준제작체계에 의해 수치화하여 활용해오고 있다.

현재 제5차 임상도(2006~2010)는 국가산림자원조사 체계 개편과 더불어 산림자원과 환경생태에 관한 국제적인 통계 생산이 가능한 다목적 산림조사 체계로 전환하여 완료 단계에 있다(국립산림과학원, 2008). 임상도는 국가 기본 산림지도로서 산림의 역할과 기능이 점차 다변화되어 가면서 사회 각 부문으로부터 다양한 산림정보에 대한 수요가 증가하고 있으며, 국가적으로는 생물다양성협약, 기후변화협약 등 국제기구나 협약에서 산림에

대한 통계자료를 요구하고 있다. 또한 산림사업의 계획수립, 임업경영, 연구, 기타 임업관련 업무 그리고 국토이용계획, 환경부 생태자연도 제작, 환경영향평가의 각종 확인 업무, 토지적성평가, 군사목적 등 다양한 분야에 활용되고 있다(김철민, 2004). 이런 다양한 수요 증가에 있어서 산림정보를 신속하게 실시간(Real-time)으로 제공받기를 원하며, 특히 시스템 및 소프트웨어 개발로 인한 자료처리 기술이 비약적으로 발전하면서 최근에는 지리정보시스템(Geographic Information System; GIS)을 원격탐사(Remote Sensing; RS)에 접목시킴으로서 자료 수집, 처리, 분석 및 응용에 이르기까지 일련의 과정을 전산화하여 산림정보에 대한 DB구축은 물론 임상도나 식생분포도와 같은 주제도(Thematic Map)를 자동으로 작성할 수 있게 되었다(이승호, 1999).

따라서 임상도와 같은 검증에 필요한 자료 확보를 위해 제작 방법 및 기술 연구에 주력해야 하며 대·내외적인 정책 수요에 따라 정밀한 임상도 제작을 위하여 효율적인 제작 환경 개선과 작업 효율성을 향상시킬 필요가 있다. 이를 위해 우선적으로 국립산림과학원 산림자원정보과에서는 2004~2006년에 기보유하고 있던 산림항공사진을 DB 구축하여 지형기복의 왜곡을 보정한 697도엽(1:25,000)의 정사항공사진과 38,091매(1:15,000)의 낱장항공사진을 서버에 저장하여 원천데이터를 구성하였으며, 이를 바탕으로 아날로그 방식의 종이임상도 제작에서 GIS 기반을 둔 디지털 방식의 수치임상도 제작으로 전환하는 계기를 마련하였다(유병오 등, 2008).

국외의 임상도 제작 사례를 살펴보면 캐나다, 일본, 프랑스, 스웨덴 등이 우리와 비슷한 방법인 수치사진측량시스템을 이용하여 판독 및 제작하고 있으며, GIS를 이용한 다양한 공간데이터 등을 DB 구축하여 관리·활용하고 있다(European communities, 1997a; European communities, 1997b). 그러나 본 시스템과의 차이는 판독, 제작, 관리적인 측면의 기능들을 통합하여 개발한 부분이라 할 수 있다. 국내의 수치임상도 제작에 관한 연구로는 김경민 등(2008)이 산림 GIS 분야 최초로 NGIS 표준을 준수하는 수치임상도 표준 메타데이터를 설계하여 저작도구를 개발한 바 있으며, 김경민 등(2009)은 수치임상도 DB 설계부터 수치화, 메타데이터 입력, 품질관리 등의 수치임상도 전 제작과정을 3단계 33개 단위 공정으로 구조화하고 이를 최적화하여 표준화한 수치임상도 표준제작체계를 개발한 바 있지만 이를 기반으로 한 제작 시스템 구축 및 제작 프로그램 개발은 수행된 바 없다. 따라서 본 시스템 개발은 일관된 표준공정을 통한 정밀한 수치임상도 제작을 위해 임상도 제작 기반 기술 및 작업공정을 최적화하기 위한 시스템을 구축하여 정확성과 효율성을 높이고 객관적이며 정확한 판독 및 편집이 가능하도록 국가적 수요에 맞는 정밀한 임상도를 제작하는데 그 목적이 있다.

## 시스템 구축 및 개발

### 1. 시스템 구성

본 시스템은 Server-Client 체계의 Gigabit Network 전용망으로 구성되어 있으며, Storage Server에 탑재되어 있는 수치임상도, 낱장항공사진, 정사항공사진, 수치지형도, 항공사진 메타데이터 등의 DB를 통하여 판독자 Workstation의 Application으로 운용된다. 최적의 영상판독 시스템 구축을 위한 H/W 구성은 Storage 등을 포함한 데이터 저장 Server와 Stereo 입체 판독에 필요한

CRT(Zscreen 2000i) Monitor 등의 장비를 포함하는 Workstation 부문으로 구분할 수 있다. 또한 이를 운용하기 위한 S/W는 Server의 MS Window 2003 Server와 DB 관리를 위한 Oracle DBMS(Oracle® Database 10g Release 2)가 사용되었으며, 임상도 제작 도구로는 ArcGIS 9.2 Editor와 Stereo 입체 판독은 Lecia Geosystems Stereo Analyst for ArcGIS 9.2가 사용되었다(그림 1).

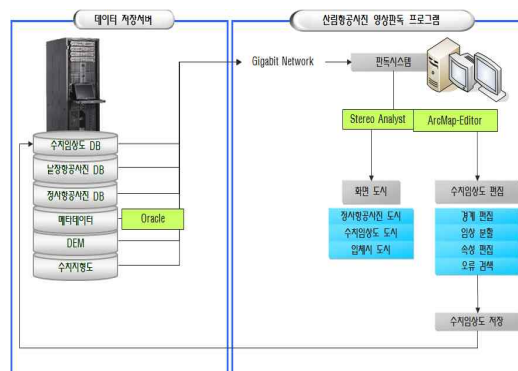


FIGURE 1. Diagram of forest aerial photograph interpretation system(FAPIS)

### 2. Database 모델 설계

수치임상도 제작을 위한 Database 모델링 기법으로 E-R모델을 사용하였다. E-R모델은 객체기반모델(Object Based Model)의 일종으로 실세계의 객체를 엔티티(Entity)로 나타내고 각 객체들 간의 관계로 데이터를 구조화하는 기법이다. 수치임상도 제작 Database는 우선적으로 엔티티를 정의하고 이를 응용하는 응용시스템의 업무 정의와 특성에 따라서 유동적으로 관계를 재정의 또는 확장할 수 있도록 설계하였다. 수치임상도 Database 설계는 그림 2와 같이 도엽마스터를 통한 검색 부분과 이를 이용한 낱장항공사진, 정사항공사진 등의 메타정보를 통한 이용이라는 두 가지 측면에서 고려되었다. 수치임상도 제작 Database를 구축하기 위한 시스템으로는

Oracle 10g가 사용되었다. Oracle은 상용화된 DBMS 중에서 가장 널리 사용되고 있으며 안정성과 효율성이 높은 시스템이다. 특히 Oracle은 공간데이터(Spatial Data)를 저장하고 운용할 수 있는 다양한 기술을 지원하고 있어서 이후에 GIS 시스템 구축 시 확장이 용이한 장점을 가지고 있다(그림 2).

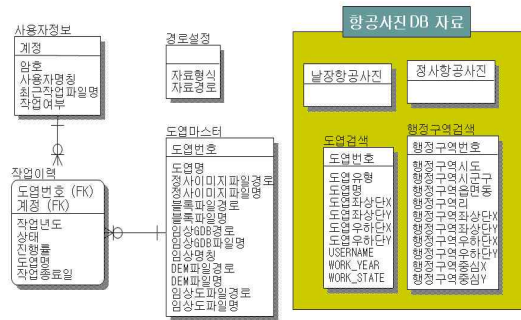


FIGURE 2. Summary of database model schema for mapping

### 3. 수치임상도 속성 구조

수치임상도의 속성 구조는 임상(수종), 경급, 영급, 소밀도로 표 1과 같이 구성되어 있다. 임상의 경우 소나무림, 활엽수림, 혼효림을 비롯한 잣나무림, 낙엽송림, 리기다소나무림 등 주요 조림수종 등으로 구분하고 있으며, 경급은 수관직경과 흉고직경의 관계식을 적용하여 치수, 소경목, 중경목, 대경목의 4가지 항목으로 구분하고 있다. 영급은 I 영급~X 영급까지 구분하며, 소밀도의 경우 수관밀도 측

정정규(Crown diameter scale)에 의하여 소, 중, 밀로 구분한다. 기존 임상도와와의 차이는 임상의 경우 해송림, 참나무림, 산불피해지가 추가되어 세분화되었으며, 영급의 경우 기존 VI영급에서 X영급까지 확대하였다.

### 4. FAPIS(Forest Aerial Photograph

#### Interpretation System) 프로그램 개발

본 프로그램 개발에 사용된 S/W는 EDN(ESRI Developers Network)으로 Desktop 및 Server 기술이 포함된 GIS Solution을 구축하기 위해 제공되는 ArcGIS 모듈을 사용하였다(ESRI, 2010). 개발 툴은 MS Visual Studio 2005이며, 객체지향 프로그래밍 언어인 VC++를 사용하여 Object 단위로 Class를 구성하였다. 각 Class는 Main Form으로 불러와 연동되는 형식으로 구동된다. 이는 크게 수치임상도, 날장항공사진, 정사항공사진, 수치지형도 등을 도엽별로 검색할 수 있는 Engine과 검색된 결과를 통하여 해당 도엽을 불러오고 ArcEditor의 Process를 관리하는 Component인 'KFRIOpener.dll', ArcEditor에서 판독자에게 판독·편집 기능을 제공하는 'KFRIExtension.dll'로 구성되어 있다.

검색 Engine은 두 가지 방식으로서 첫 번째는 산림항공사진 영상판독 프로그램을 지원하도록 Server의 검색 Engine에 접속하여 항공사진을 읽어 표시하는 모듈인 MIPCtrl.dll (ijl20.dll, kdu\_v41R.dll), SHP 파일 뷰어 부

TABLE 1. Attribute table for forest cover type mapping in the FAPIS.

Attribute (Field name)	Field type	Width	Output width	Description
SANG	String	2	2	Forest cover type
KUNG	Short Integer	2	2	Diameter class
YUNG	Short Integer	2	2	Age class
MILDO	String	2	2	Crown density
SHAPE_LENGTH	Double	8	8 (6 Decimal places)	Perimeter
SHAPE_AREA	Double	8	8 (6 Decimal places)	Area

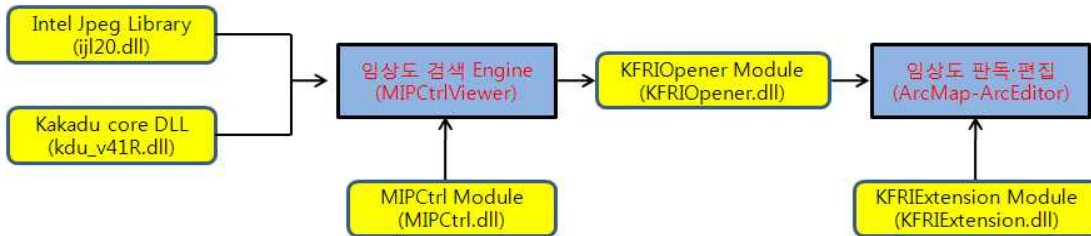


FIGURE 3. Diagram of FAPIS program module

분, Oracle DBMS 접속 및 검색 부분 그리고 ArcEditor 호출 부분을 임상도 검색 Engine 인 MipCtrlViewer에서 통합하는 방식과 Local 환경에서 직접 경로를 지정하여 검색할 수 있는 Stand-Alone 방식으로 구성되어 있다. 판독·편집 프로그램은 ArcEditor를 실행시키고 검색 Engine에서 검색된 내용을 ArcEditor상에 표시하며 수치임상도에 대한 Symbolizing 및 실행초기 각 레이어들의 구성을 제어하는 Component인 'KFRIOpener.dll' 과 판독 기능 등을 수행하는 Component인 'KFRIOpenerExtension.dll'로 구성되어 있다. 각 Component는 Oracle DBMS와 직접 접속하여 판독자에게 수치임상도, 정사항공사진, 날장항공사진에 대한 정보 및 사용자의 작업 정보를 제어한다(그림 3).

가 있다. 이를 향상시키기 위하여 제작 공정을 영상판독-디지털타이징-검수 단계로 구성하였으며 각 단계별로 수행할 세부 작업 절차를 매뉴얼화하고 임상도 제작 특성 및 환경에 맞게 커스터마이징하여 표준화된 공정 및 방법론을 제시하였다. 또한 기존의 분리되어 있는 파트별 기능들을 FAPIS에 통합시켜 최종적으로 그 사용 목적에 따라 일관되게 통용될 수 있도록 지침, 규약, 특성 등을 정의하였다(국립산림과학원, 2010). 이러한 표준화 공정의 장점은 판독자 간의 눈높이를 맞추는데 정확도를 확보할 수 있으며, 전체적인 공정별 진행 상황을 파악할 수 있다. 또한 각 단계별 세부 기능별로 최적의 값을 설정하여 개발하였기 때문에 고품질의 산출물을 생산할 수 있다.

### 수치임상도 제작 공정

#### 1. 표준화 공정 및 방법

기존의 아날로그 환경의 임상도 제작은 그림 4와 같은 여러 단계의 공정을 통해 수행되어왔다. 입체경 판독, 스케치마스터 도화(지형도 이사), 제도, 분석, 제작, 출력 등의 복잡하고 힘든 공정의 단계를 디지털 환경으로 개선하면서 영상판독, 디지털타이징, 속성편집과 오류검출 등의 간단하고 쉬운 공정 단계로 단축시켜 제작의 효율성과 수치구성요소들의 정확도를 높였다. 기존의 제작 공정은 아날로그 환경으로 시간이 많이 소요되고 복잡하고 힘든 비효율적인 공정으로 인하여 판독 오류 및 수치구성요소들의 부정확도를 발생시킬 우려



FIGURE 4. Conversion of analog to digital mapping processes

## 2. 제작공정 및 방법 비교

FAPIS를 이용한 수치임상도 제작은 FIGURE 5의 제작 흐름도와 같이 이루어진다. 로그인 후 Server에 접속하면 검색 Engine을 통해 해당 도엽을 검색한다. 새 검색 후 수치임상도, 정사항공사진, 낱장항공사진, 수치지형도 등의 DB를 통해 원하는 데이터를 불러와 지정된 판독·편집 환경 Mode로 전환되며, 판독·편집 후의 데이터는 작업완료 시에 Server로 다시 저장된다. 기존작업 열기는 작업 중인 도엽을 종료한 후 다시 작업을 계속할 경우에 사용할 수 있다(그림 5).

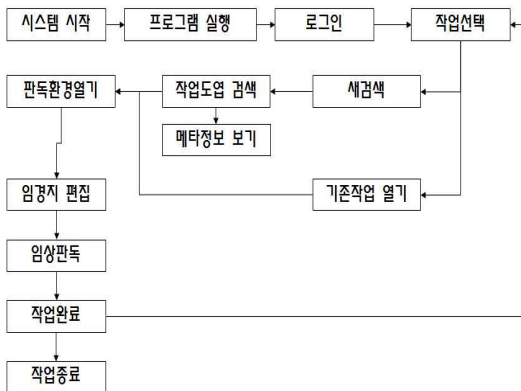


FIGURE 5. Flow of 5th forest cover type map mapping using the FAPIS

이러한 제작 흐름을 통하여 수시 갱신이 가능해졌고 기존의 특정 S/W에 분리되어 있는 파트별 제작 방법 및 기능들을 본 시스템에 통합하여 작업의 효율성을 높였을 뿐만 아니라 공정별 흐름을 쉽게 파악할 수 있다. 이를 검증하기 위해 내부적으로 본 시스템을 이용하여 정동(379051) 도엽을 대상으로 시범 제작한 임상도와 기존 아날로그 방법으로 제작된 도엽을 비교 분석하여 그 차이점을 파악해 보았다. 그림 6과 같이 기존 아날로그 환경의 임상도의 임·경지 구획과 FAPIS를 이용한 임·경지 구획의 차이를 볼 수 있다(권수덕 등 2006; 권수덕 등, 2007). 노란색과 초록색 부

분은 임·경지 구획 정비 및 오류검출을 통해 나타난 임·경지 면적의 증감을 표시한 것으로 이는 산림통계를 작성하는데 있어서 중요한 산림면적 정보를 나타낸다. 또한 공정별 작업시간은 해당지역, 판독자의 경험 및 기술적인 숙련도에 따라 다소 차이가 날 수 있지만 공정별로 이루어지는 단계들을 대폭 축소하였기 때문에 제작 시간을 단축할 수 있다.

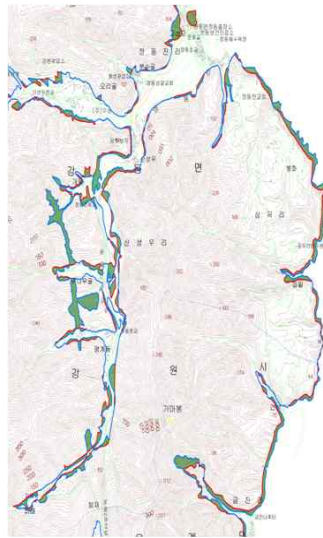
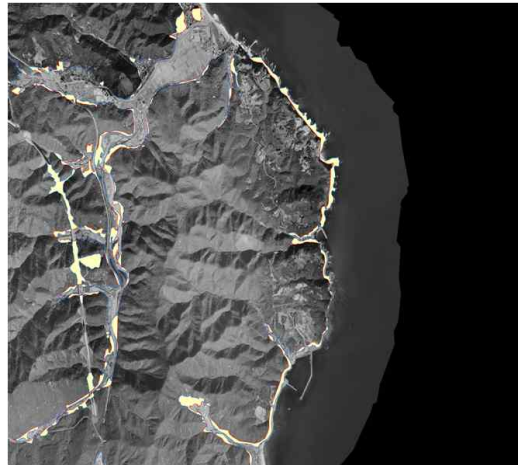


FIGURE 6. Comparison of forest and cultivated land area using the FAPIS



## 프로그램 주요 기능 구현

수치임상도 제작에 필요한 검색, 화면제어, 판독, 편집, 출력 Layout 등의 기능을 Toolbar 형태로 배치하여 서로 연동될 수 있도록 Interface를 커스터마이징 하였다.

### 1. 검색

검색 기능은 그림 7(좌)과 같이 검색 Engine을 통해 작업할 대상 도엽을 선택하는 방식과 그림 7(우)과 같이 직접 경로를 지정하여 검색할 수 있다. 이는 모두 수치임상도, 낱장항공사진, 정사항공사진, 수치지형도 등의 공간 데이터와 연동되어 판독·편집 할 수 있는 Mode로 전환된다.

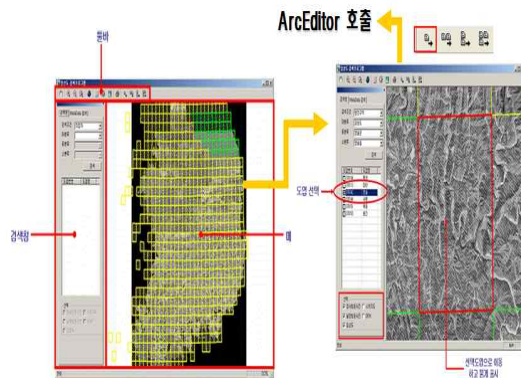


FIGURE 7. MIP search engine(left) and Stand-Alone version(right)

### 2. 화면제어

판독·편집 Mode로 전환되면 선택한 공간 데이터에 따라 화면에 디스플레이 된다. 화면 제어에는 축척 조정과 Magnifier 기능이 있으며, 그림 8과 같이 판독·편집에 편리하도록 필요한 고정된 축척 선택, 축척 사용자 입력 도구와 Stereo 판독 시에 축척을 동기화시켜 주는 도구(Toggle 방식) 그리고 전체보기와 작업영역확대 도구로 구성되어 있다.

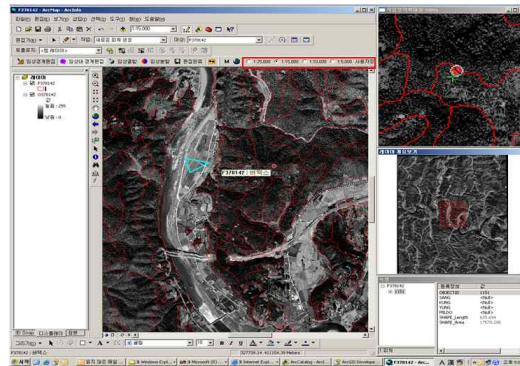


FIGURE 8. Function of display control

### 3. 판독·편집

판독은 기 구축해 놓은 Stereo Model을 불러와 Stereo Window를 통해 디스플레이 되어 편집 화면과 동기화시켜 판독할 수 있다. 본 기능은 38,091매의 낱장항공사진 입체시 모델을 손쉽게 검색할 수 있으며 해당 지역 또는 도엽별로 Image pair를 불러와 구성할 수 있는 도구로서 항공사진 판독 요령(국립산림과학원, 2010)에 의해 임상경계, 임상삽입, 임상결합, 임상분할, 속성편집 도구를 사용하여 편집할 수 있다. 편집 시 Snapping 설정을 자동으로 구성하여 편집 시에 발생할 수 있는 오류를 최소화 하였으며, 최종 Topology Rule(중복, 빈곳, 도곽 오류)에 의한 오류검출을 통해 판독·편집 작업이 완료된다(그림 9).

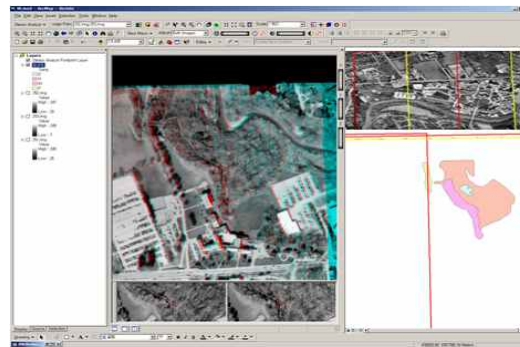


FIGURE 9. Stereo interpretation(left), modification tools(right)

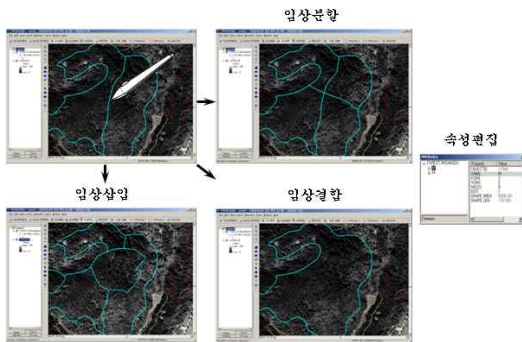


FIGURE 9. 계속

#### 4. 출력 표준 Layout

작업 완료된 도엽에 대하여 이미 구성해 놓은 Template과 Frame이 구동되어 그림 10과 같이 범례, 축척(1:25,000), Grid, 해당 도엽에 대한 행정구역도, 위치도, 색인도(Index Map)가 자동으로 설정되도록 구성하였다.

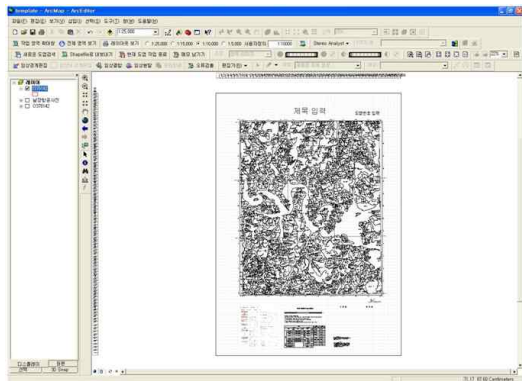


FIGURE 10. Automation of print layout

#### 제5차 수치임상도 제작

본 프로그램을 통해 적상(357032, 1:25,000 축척) 도엽을 대상으로 수치임상도 제작 공정 및 주요 기능을 적용하여 제작한 수치임상도는 그림 11과 같다. 그림 11(좌)과 그림 11(우)은 수치지형도와 흑백정사항공사진을 배경으로 한 최종 도면으로서 각 도면

의 특성에 따라 임상, 수종, 경급, 영급, 밀도 등의 정보를 보기 쉽도록 구성하였다. 또한 각 정보들의 구분과 기호에 대한 범례 Table과 조사년도, 제작년도, 촬영년도, 해당 도엽의 행정구역 및 위치 그리고 색인도를 표시하여 위치정보를 확인하기 쉽도록 구성하였다. 제5차 임상도는 기존의 제4차 임상도와 달리 입목지의 임상 및 수종 구분은 해송(PT), 참나무(Q), 무림목지의 경우 산불(F : 산불로 인하여 산림이 훼손된 지역)이 새로 추가되었으며, 영급의 경우 기존 I-VI영급에서 I-X영급까지 세분화한 것이 특징이라 할 수 있다.

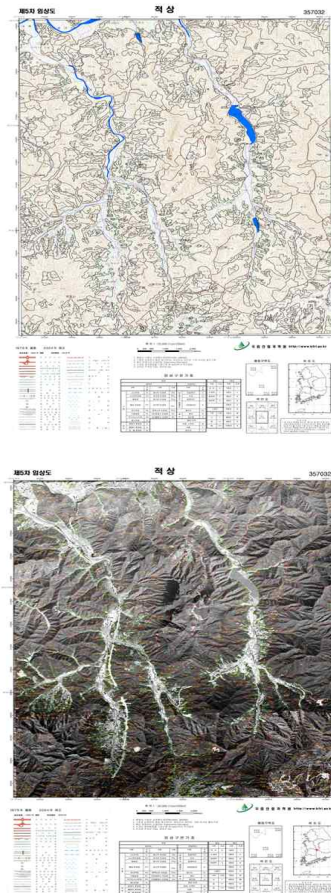


FIGURE 11. Forest cover type based on topographic map(left), ortho-photo map(right)



## 결 론

본 시스템은 수치임상도 제작 기술 개선과 표준화된 방법론 등의 효율적인 제작 공정을 확립하기 위하여 개발하였다. 정동(379051) 도엽을 대상으로 본 시스템을 이용하여 제작한 도엽과 기존 아날로그 방식으로 제작된 도엽과의 차이를 비교·분석한 결과 임·경지구획 정비 및 오류검출을 통한 면적의 차이는 산림통계를 작성하는데 있어서 중요한 정보를 나타내며, 판독 결과의 경우 해당지역, 판독자의 경험 및 기술적인 숙련도에 따라 다소 차이가 날 수 있지만 판독하는데 소요되는 시간을 단축시킬 수 있다. 본 시스템의 특징은 수치임상도 제작 공정을 단축함으로써 생산성을 향상시킬 수 있으며, 표준화된 방법론을 제시함으로써 정확도를 높일 수 있다. 이를 바탕으로 각종 수치주제도를 제작하는데 응용 및 확장할 수 있으며, 다양한 공간데이터를 중첩하거나 산불, 산사태 등의 재해가 발생했을 경우 수시로 갱신이 가능하여 의사 결정하는데 활용할 수 있으므로 신속한 산림자원정보를 전달할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 현재 진행 중인 '국가공간정보체계 구축사업'의 1:5,000 임상도 제작과 연계하여 활용할 수 있도록 주요 기능을 추가 개선하여 프로그램을 확장(Version 1.1)함으로써 날로 증가하고 있는 임상도의 수요와 다양한 산림자원 정보 제공에 대한 대국민 서비스 일조 및 수치주제도 제작 실무용이나 항공사진 판독 연구·교육용으로 활용 가능할 것으로 기대하고 있다. 향후 고품질의 수치주제도 제작을 위하여 점차 늘어나는 공간자료 및 영상자료 등의 관리 및 보안 그리고 이에 따른 하드웨어와 소프트웨어의 지속적인 유지·보수가 필요하며 다양한 영상에 대비한 방법론 또한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. **KAGIS**

## 참고문헌

국립산림과학원. 2008. 1:5,000 임상도 제작

방안수립. 93쪽.

국립산림과학원. 2010. 정사항공사진을 활용한 제5차 수치임상도(1:25,000) 제작 매뉴얼. 64쪽.

권수덕, 김준섭, 서수안, 유병오, 공지수. 2006. 산림항공사진을 활용한 디지털 임상도 제작 시스템 개발. 한국산림자원측정학회 학술발표논문집. 1-3쪽.

권수덕, 유병오, 김준섭, 공지수. 2007. 수치임상도 제작 운영관리 프로그램 개발. 한국산림자원측정학회 학술발표논문집. 6-9쪽.

김경민, 김철민, 김태균. 2008. 수치임상도 표준 메타데이터 설계 및 구현. 한국지리정보학회지 11(4):51-63.

김경민, 김철민, 전은진. 2009. 1:25,000 수치임상도 제작체계 표준화 연구. 한국지리정보학회지 12(3):143-151.

김철민. 2004. 수치임상도 접합에 의한 우리나라 산림정보지도 제작. 한국임학회 학술연구 발표 논문집. 64-66쪽.

유병오, 권수덕, 김성호. 2008. 수치임상도 제작을 위한 영상탐재 현장조사 시스템 개발. 한국임학회지 97(4):445-451.

이승호. 1999. 산림자원조사에 원격탐사 및 GIS 기술 적용. 한국산림자원측정학회지 2(2):32-44.

European communities. 1997a. Study on european forestry information and communication system. Reports on forestry inventory and survey systems. Volume 1. Austria, Belgium, Denmark, Finland, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Liechtenstein. 673pp.

European communities. 1997b. Study on european forestry information and communication system. Reports on forestry inventory and survey systems.

Volume 2. Luxembourg, Netherlands,  
Norway, Portugal, Spain, Sweden,  
Switzerland, Hungary. 655pp.

ESRI. 2010. ESRI Support Center.  
<http://www.esri.com> 