

Virtual GIS를 이용한 산불피해지 복구 경관분석기법 개발 *

조명희¹ · 이명보² · 김준범² · 임주훈² · 김성재^{1*}

Developing Landscape Analysis Method for Forest Fire Damaged Area Restoration Using Virtual GIS *

Myung-Hee JO¹ · Myung-Bo LEE² · Joon-Bum KIM²
Ju-Hun LIM² · Sung-Jae KIM^{1*}

요 약

우리나라의 경우 1990년대에 들어와서 산불 발생건수 및 피해지역이 지속적으로 증가하고 있으며, 산불피해지 복원기술은 주로 사방복구와 조림 등 녹화기술에 집중되어 있는 실정이다. 본 연구에서는 동해안 산불피해지를 중심으로 GIS 분석 기법을 적용하여 산불피해지의 공간 특성과 입지 환경을 고려하여 내화수림대를 조성기법을 개발하고 virtual GIS의 활용을 통하여 공간정보자료가 산불피해지역 복원에 있어서의 경관생태학적 접근연구에 어떻게 활용될 수 있는 것인가에 대한 적용기법을 개발하고자 하였다. 본 연구에서는 대형산불방지를 위해 GIS 분석기법을 적용하여 내화수림대를 조성하고, 조성된 내화수림대 및 연구대상지에 3D modeling 기법을 통하여 구축된 3D 수종을 적정하게 임분배치하였다. 아울러 지위지수분류곡선을 이용하여 연구대상지에 경년에 따른 산림경관을 조성하였으며, virtual GIS를 활용하여 현실세계와 가장 유사한 3차원지형을 구축하고 tracking simulation을 수행하였다.

주요어: 산불특성, 임분배치, 내화수림대, Virtual GIS

ABSTRACT

In Korea the number of forest fire occurrence and its damaged area have increased drastically and the plans for afforestation such as sound erosion control restoration and forestation have performed to restore for forest fire damaged area. In this study fire resistant forest was developed by selecting fire

2004년 2월 20일 접수 Received on February 20, 2004 / 2004년 3월 19일 심사완료 Accepted on March 19, 2004

* 이 논문은 대형산불예방 및 위해방지를 위한 산림기능 고도화기술개발사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었음

¹ 경일대학교 도시정보지적공학과 Department of Urban Information & Cadastral Engineering, Kyungil University

² 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute

* 연락처자 E-mail: sungjae97@yahoo.co.kr

resistance tree species and applying GIS analysis, considering the characteristic of forest fire and location environment in forest fire damaged area along the east coast. Moreover, it showed the possibility of how spatial information technology such as virtual GIS could be applied during restoring forest fire damaged area and approaching landscape ecology researches. Especially the fire resistant forest was established by using GIS analysis against large scaled forest fires then the best forest arrangement was performed through this fire resistant forest species and 3D modeling in study area. In addition, the forest landscape was established through site index on passing years and then 3D topography and tracking simulation, which is very similar to real world, were constructed by using virtual GIS.

KEYWORDS: Forest Fire Characteristics, Forest Arrangement, Fire Resistant Forest, Virtual GIS

서론

현재 산불관련 국내 연구는 산불위험예보 및 확산모델의 자동화 전산체계 개발에 연구가 집중되고 있는 반면에 임업적인 측면에서의 산불 예방 및 확산 억제를 위한 내화수종의 선발이나 내화수림대 조성등 임분의 내화성 증진을 위한 임분배치 기법 및 임분밀도 관리기법에 관한 연구가 미흡한 실정이다. 또한 최근 급속하게 발전하고 있는 GIS(geographic information system) 및 virtual GIS를 활용하여 보다 과학적이고 체계적인 산불관련 연구의 필요성이 대두되고 있다.

기존의 virtual GIS 관련 연구는 국내에서는 3차원 virtual GIS를 이용한 도시하천관리 시스템 구축에 관한 연구(정인주, 2003)와 등고선 지도의 특징 점을 이용한 효율적인 3차원 지형복원에 관한 연구(이동규 등, 1998)등 많은 연구가 이루어 졌으나 산불관련 및 내화수림대 조성에 있어서의 GIS를 활용하여 복합적인 정보 획득 및 현지 관리기술 개발에 관한 연구는 매우 미비한 실정이다. 외국의 경우에는 virtual GIS에 관한 연구(Ribarsky 등, 1995)를 일찍부터 시작하였으며, 특히 미국의 Toledo 대학은 원격탐

사와 GIS를 활용하여 산불피해 복원에 관한 모델들을 animation기법에 적용시켜 활용한 바가 있다.

따라서 본 연구에서 GIS 분석기법 및 virtual GIS를 활용하여 산불피해지의 복원기술에 적용시킴으로서 향후 산불관련 연구뿐만이 아니라 다른 많은 분야에서의 활용 가능성을 제시하고자 한다.

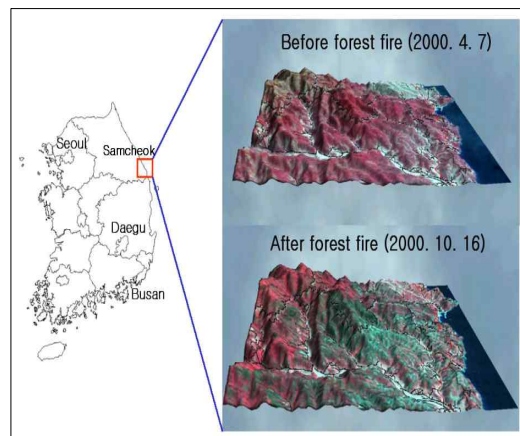


FIGURE 1. The study area

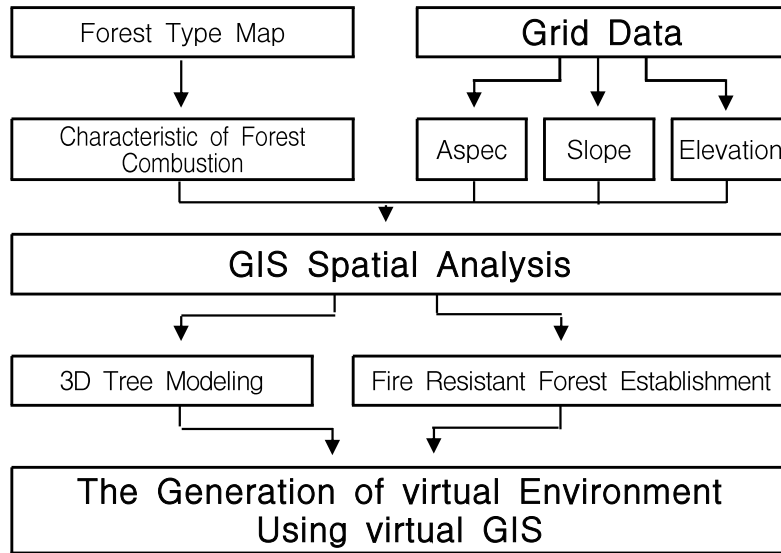


FIGURE 2. The study flow chart

연구자료 및 방법

본 연구에서는 2000년 대규모 산불이 발생한 강원도 원덕읍 검봉산 주변의 산불피해지역을 대상으로 하였다(그림 1). cell 간격 30m grid data와 수치 임상도를 기반으로 산불발생지의 공간특성을 ArcView 3.2를 사용하여 내화수림대를 조성하였다. 수종의 3D modeling 기법에서는 연구대상지에 현존하고 있는 수종(소나무, 굴참나무)을 현지에서 직접촬영을 하였으며, 수종 image processing을 위하여 Adobe 7.0을 사용하여 masking, saturation 처리를 통하여 3D model을 구축하였다. 경년에 따른 수종의 성장 모델링은 국립산림과학원에서 제공하는 수종별 지위지수분류곡선을 참조하였으며 tracking simulation은 IMAGINE 8.5의 virtual GIS를 사용하였다(그림 2).

결과 및 고찰

1. 산불피해지의 공간 특성 개요

산불피해지의 공간특성 분석을 위하여

ArcView 3.2에서 변환된 coverage 및 point를 TIN(triangulated irregular network)으로 생성하여 cell간격 30m의 grid data를 획득하였다. 이를 기반으로 그림 3과 같이 고도(elevation), 사면경사(slope) 및 사면방향(aspect)을 산출하여 속성데이터 추출을 위해 정수형으로 재분류하였다(임업연구원, 2003).

연구대상지역의 전체면적 75.2km² 중 고도별 면적에 있어서는 고도 0~300m에 약 35.8km²로 63.8%가 분포하고 있었다.

사면 방향별 면적을 추출한 결과 북동, 동, 남동쪽인 사면방향의 면적이 23.4km²(44.5%)로 나타났으며, 남, 남서쪽인 사면방향의 면적이 19.5km²(26%)로 전체적인 지형이 동쪽과 남쪽으로 치우쳐 있음을 알 수 있었다.

또한 경사도 15° 미만의 면적이 약 20km²(27%)로 나타났으며 경사도 20~30°의 면적이 29.5km²로 전체면적 중 39%를 차지하고 있음을 알 수 있었다.

2. GIS 공간분석을 이용한 내화수림대 조성

본 연구의 내화수림대 조성에 있어서는 지형

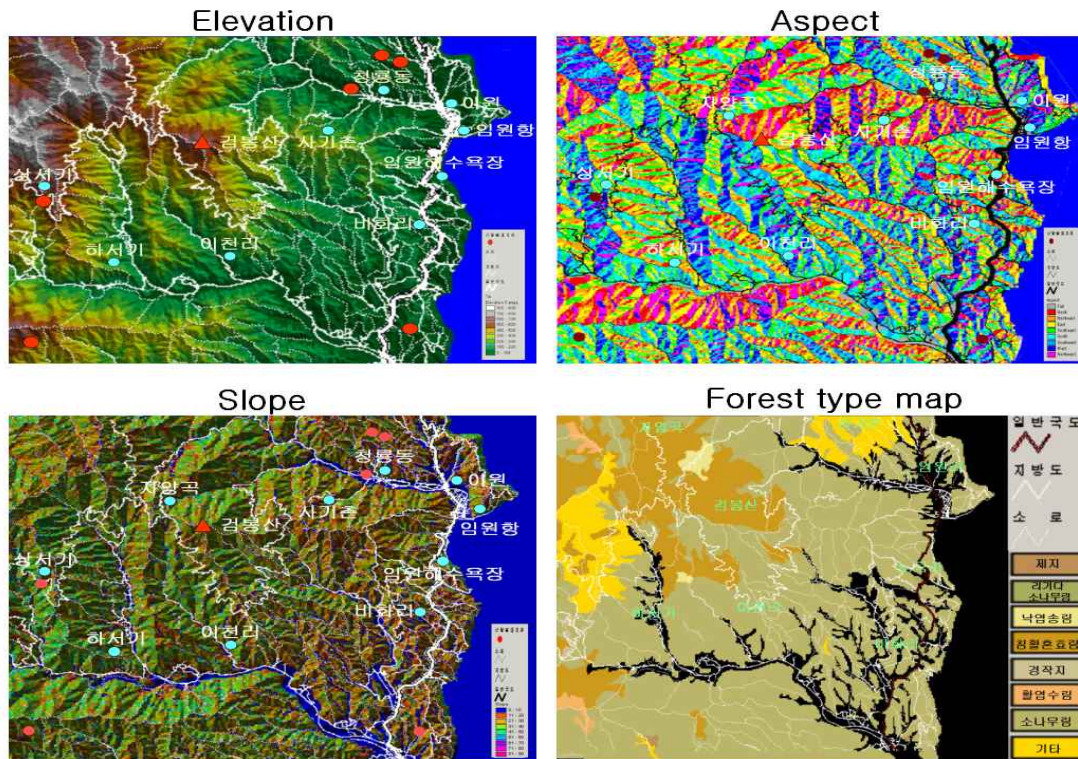


FIGURE 3. The spatial characteristic distribution map in study area

특성과 임상만을 고려하여 내화수림대를 조성하였으며 산불피해지의 공간분포특성을 규명하기 위하여 산불 피해지의 표본 data를 연구대상지를 포함하는 삼척시 전체(28건)로 하였다(표 1).

산불 피해지의 공간분포특성을 분석해 본 결과, 경사도에 있어서는 0~10° 사이의 완만한 경사에서 산불 발생 전체건수 28건중 12건(42.9%)이 발생하였으며, 경사도가 20~30°에서는 9건(32.1%)이 발생 하였다. 사면 방향에서는 산불발생건수의 절반인 14건(50%)이 북사면에서 발생하였으며, 5건(17.9%)이 남동사면에서 산불이 발생하였다.

해발고도에 따른 산불발생건수에 있어서는 저지대인 0~400m고도에 15건(53.6%)이 발생하였으며, 고지대인 600~1000m에 9건(32.1%)이 발생하였다.

임상별 분석에서는 혼효림과 소나무림에서 발생한 산불이 22건(78.5%)으로 산불 발생이 혼효림과 소나무림에서 자주 발생하는 것으로 분석 되었다.

전체적으로는 0~400m의 고도에 10° 미만의 완만한 경사, 북사면의 지형, 혼효림과 소나무림이 분포하는 곳에서 산불이 많이 발생하는 것으로 나타났다.

GIS 공간분석을 이용한 연구대상지의 내화수림대 조건에 있어서 경사가 30° 이상이면 산불이 가속화 되어 대형산불의 위험이 있으므로 경사도의 조건은 30° 이하로 하였다.

다른 내화수림대 조성 조건으로는 북사면의 방향과 해발고도는 400m 이하로 하고, 임상은 혼효림과 소나무림 지역을 GIS 중첩분석 조건에서 만족하는 지역을 내화수림대로 선정하였다.

TABLE 1. The spatial characteristic analysis at forest fire damaged area

| ID | 행정 구역 | 피해면적 | 시간 | 고도 | 경사 | 사면방향 | 임상 |
|----|---------|----------|-------------|----------|-------|---------|-------|
| 1 | 하장면 갈전리 | 0.30 | 1993. 4.14 | 600-700 | 0~10 | 1~39 | 침활혼효림 |
| 2 | 미로면 고천리 | 5.00 | 1997. 6. 6 | 500-600 | 0~10 | 1~39 | 침활혼효림 |
| 3 | 미로면 신리 | 1.50 | 1996. 4.12 | 200-300 | 20~30 | 119~159 | 소나무림 |
| 4 | 하장면 광동리 | 0.05 | 1997. 4.14 | 700-800 | 10~20 | 199~159 | 침활혼효림 |
| 5 | 신기면 서하리 | 1.00 | 1995. 12.24 | 300-400 | 20~30 | 119~159 | 침활혼효림 |
| 6 | 노곡면 여삼리 | 0.03 | 2000. 7. 2 | 100-200 | 40~50 | 1~39 | 경작지 |
| 7 | 신기면 마차리 | 20.00 | 1995. 4.26 | 300-400 | 0~10 | 1~39 | 낙엽송림 |
| 8 | 도계읍 도계리 | 10.00 | 2003. 3.10 | 500-600 | 20~30 | 119~159 | 활엽수림 |
| 9 | 도계읍 발이리 | 2.00 | 1998. 3.28 | 200-300 | 0~10 | 1~39 | 침활혼효림 |
| 10 | 도계읍 도계리 | 10.00 | 2000. 4.13 | 300-400 | 0~10 | 1~39 | 낙엽송림 |
| 11 | 도계읍 상덕리 | 1.20 | 1997. 5. 3 | 500-600 | 0~10 | 1~39 | 침활혼효림 |
| 12 | 도계읍 심포리 | 0.70 | 1994. 4.16 | 300-400 | 0~10 | 1~39 | 소나무림 |
| 13 | 도계읍 신리 | 35.00 | 1992. 4.26 | 800-900 | 20~30 | 319~359 | 침활혼효림 |
| 14 | 노곡면 상마리 | 0.30 | 1995. 4.29 | 900-1000 | 20~30 | 119~139 | 소나무림 |
| 15 | 근덕면 궁천리 | 12997.00 | 2000. 4. 7 | 100-200 | 20~30 | 1~39 | 소나무림 |
| 16 | 원덕면 이전리 | 0.60 | 1994. 11. 9 | 700-800 | 30~40 | 79~119 | 침활혼효림 |
| 17 | 가곡면 동할리 | 0.10 | 1997. 4.29 | 500-600 | 10~20 | 1~39 | 침활혼효림 |
| 18 | 원덕읍 기곡리 | 0.20 | 1995. 2.10 | 200-300 | 10~20 | 199~239 | 소나무림 |
| 19 | 원덕읍 임원리 | 2505.00 | 1993. 4.17 | 0-100 | 0~10 | 1~39 | 소나무림 |
| 20 | 원덕읍 노경리 | 0.70 | 2000. 2.16 | 100-200 | 0~10 | 1~39 | 소나무림 |
| 21 | 원덕면 호산리 | 4.00 | 1995. 2.11 | 0-100 | 0~10 | 1~39 | 소나무림 |
| 22 | 미로면 고천리 | 4053.00 | 2000. 4.13 | 800-900 | 20~30 | 39~79 | 침활혼효림 |
| 23 | 미로면 고천리 | 0.10 | 2000. 4.9 | 800-900 | 30~40 | 1~39 | 침활혼효림 |
| 24 | 도계읍 신리 | 4.50 | 1996. 4.27 | 800-900 | 10~20 | 199~239 | 침활혼효림 |
| 25 | 도계읍 도계리 | 0.15 | 1996. 3. 1 | 200-300 | 20~30 | 79~119 | 낙엽송림 |
| 26 | 도계읍 신리 | 0.05 | 1995. 4.27 | 800-900 | 20~30 | 239~279 | 낙엽송림 |
| 27 | 도계읍 도계리 | 1.00 | 1994. 4.16 | 100-200 | 0~10 | 1~39 | 침활혼효림 |
| 28 | 원덕읍 임원리 | 2.00 | 1993. 4.16 | 100-200 | 0~10 | 1~159 | 소나무림 |

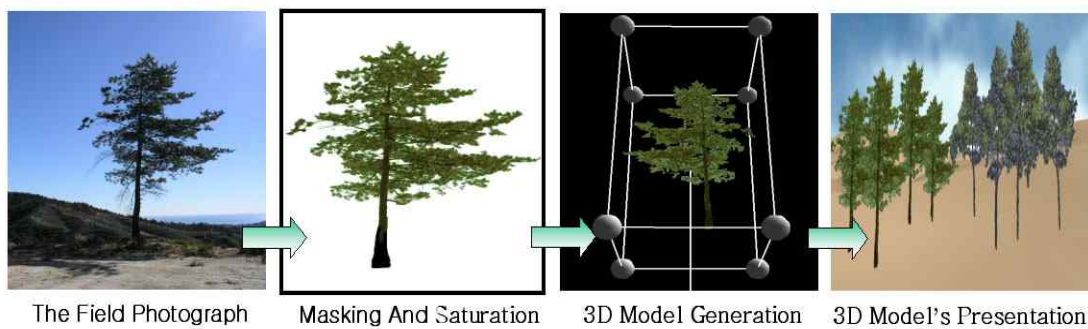


FIGURE 4. 3D tree model processing

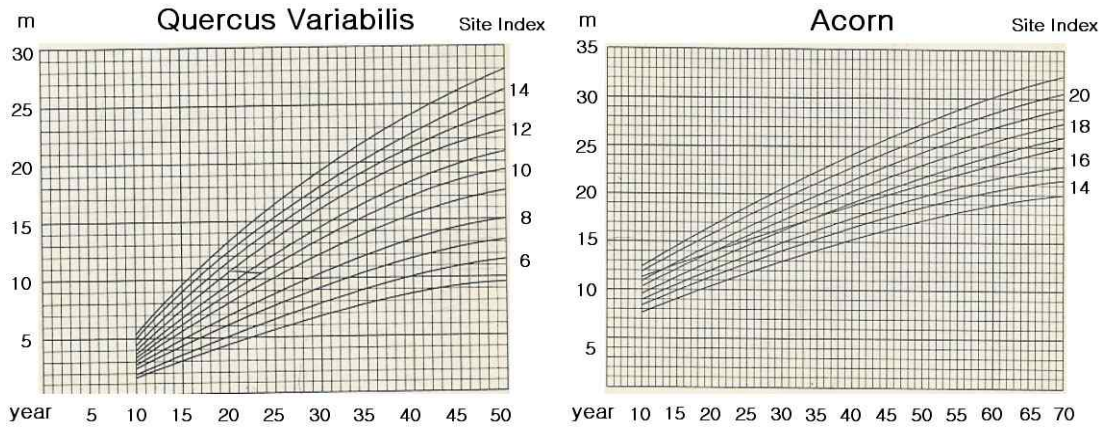


FIGURE 5. Site index (Korea Forest Research Institute)

3. 3D 수종 Modeling

본 연구에서의 수종은 연구대상지 주민의 생계유지에 절대적으로 필요한 소득원인 송이 생산을 위한 소나무림의 복구(산림청, 2000)와 내화수림대에 조림될 산불에 강한 굴참나무 2종만을 고려하였으며, 실세계와 가장 유사하게 표현하기 위하여 연구 대상지인 강원도 원덕읍 검봉산에 서식하고 있는 소나무와 굴참나무를 현지에서 촬영한 이미지를 사용하였다.

수종의 3D modeling을 위하여 수종 이외는 masking 하였으며 수종의 어두운 부분의 제거를 위하여 화상강조처리를 통하여 3D modeling을 수행하였다(그림 4).

4. 경년에 따른 산림경관 변화

경년에 따른 산림경관의 변화된 모습을 10년, 20년, 30년 단위로 표출하였으며, 수종의 성장 모델링에 있어서 우리나라 조건에 맞는 정확한 나무 성장 모델링에 관하여 연구된 바가 없으므로 국립산림과학원에서 제공하는 수종별 지위지수분류곡선(그림 5)을 참조하였다. 굴참나무의 지위지수분류곡선이 아직 구축되어 있지 않는 관계로 굴참나무와 성장발육상태가 비슷한 상수리나무의 지위지수분류곡선을 사용하였다.

그림 6은 지위지수분류곡선식을 참조하여 경년에 따른 산림경관의 모습을 나타낸 것이다.



FIGURE 6. Forest landscape changes on passing year's

TABLE 2. Flight path information

| point | X | Y | ASL | AGL | Look Azimuth | Look Pitch | FOV | Roll | Speed |
|-------|------------|------------|--------|--------|--------------|------------|-------|------|-------|
| 1 | 230183.838 | 415053.915 | 500.00 | 500.00 | 0.00 | 0.00 | 45.00 | 0.00 | 3.00 |
| 2 | 229687.374 | 415053.915 | 450.00 | 450.00 | 0.00 | 0.00 | 45.00 | 0.00 | 3.00 |
| 3 | 229234.082 | 415032.329 | 520.00 | 520.00 | 0.00 | 0.00 | 80.00 | 0.00 | 3.00 |
| 4 | 228392.252 | 414967.573 | 540.00 | 540.00 | 0.00 | 0.00 | 60.00 | 0.00 | 3.00 |
| 5 | 227895.789 | 414665.378 | 560.00 | 560.00 | 0.00 | 0.00 | 65.00 | 0.00 | 3.00 |
| 6 | 227334.570 | 413542.939 | 650.00 | 650.00 | 0.00 | 0.00 | 70.00 | 0.00 | 3.00 |
| 7 | 226147.374 | 412916.963 | 700.00 | 700.00 | 0.00 | 0.00 | 45.00 | 0.00 | 3.00 |
| 8 | 224852.252 | 413758.793 | 750.00 | 750.00 | 0.00 | 0.00 | 45.00 | 0.00 | 3.00 |
| 9 | 224118.350 | 413758.793 | 800.00 | 800.00 | 0.00 | 0.00 | 75.00 | 0.00 | 3.00 |
| 10 | 224139.935 | 414730.134 | 800.00 | 800.00 | 0.00 | 0.00 | 85.00 | 0.00 | 1.00 |
| 11 | 224636.399 | 415464.037 | 800.00 | 800.00 | 0.00 | 0.00 | 85.00 | 0.00 | 1.00 |
| 12 | 225154.448 | 415571.963 | 750.00 | 750.00 | 0.00 | 0.00 | 45.00 | 0.00 | 1.00 |
| 13 | 226881.277 | 415183.427 | 700.00 | 700.00 | 0.00 | 0.00 | 85.00 | 0.00 | 1.00 |
| 14 | 227982.131 | 414125.744 | 650.00 | 650.00 | 0.00 | 0.00 | 45.00 | 0.00 | 1.00 |
| 15 | 228521.765 | 413521.354 | 600.00 | 600.00 | 0.00 | 0.00 | 85.00 | 0.00 | 1.00 |
| 16 | 228802.374 | 410324.890 | 500.00 | 500.00 | 0.00 | 0.00 | 85.00 | 0.00 | 1.00 |



FIGURE 7. Tracking simulation of fire resistant forest arrangement using virtual GIS

5. virtual GIS를 이용한 Tracking Simulation

virtual GIS는 3차원 시각화 도구로서 실시간으로 여러 개의 레이어(vector 등)를 질의하고 디스플레이 가능하게 하며, 실시간으로 비행 및 GIS 분석을 지원할 뿐만 아니라, 3차원 지형에 대한 실시간 시뮬레이션과 가시권 분석 등 3차원 분석을 가능하게 한다(류승택 등, 1997).

또한 DXF 3D shape, FLT 등 각종 3차원 시설물을 삽입하는 3차원 모델링 기능을 수행할 수 있으며, 각종 CODEC 지원 및 자유로운 관측자 경로를 선정하여 동영상 제작 기능을 지원한다(캐드랜드, 2001).

GIS DB 구축 레이어에서 등고선 및 표고 점을 추출한 후, DEM(digital elevation model)을 기반으로 virtual GIS 상에서 현실 세계와 가장 유사한 3차원 지형기반위에 GIS 공간분석을 통하여 조성된 내화수림대와 수종의 3D 모델을 overlay하여 virtual environment를 구축하고 tracking simulation을 수행하였다. 표 2는 tracking simulation에 있어서의 관찰자의 위치, 해발고도, 시야각 등 다양한 정보를 나타내고 있으며, 그림 7은 표 2의 point에 해당하는 scene들을 나타낸 것이다.

결 론

본 연구에서는 GIS기법을 이용하여 산불피해지역의 자연환경 특성(사면방향, 경사도, 고도, 임상)에 따른 산불 발생지점과의 상관성을 규명하여 대형 산불 방지를 위한 내화수림대를 조성하였으며, 지위지수분류곡선을 활용하여 경년에 따른 산림 경관의 변화를 미리 예측하였다.

아울러 현실세계와 가장 유사한 3차원 지형기반으로 virtual environment를 구축하고 tracking simulation을 시행함으로써, 산불피해지 복원기술에 있어 GIS 분석기법의 활용성과 경관생태학적 접근을 위한 공간자료의 적용가능성을 제시하였다.

1. GIS 분석기법을 활용하여 내화수림대를 조성함으로써 산불발생 이후 생태계 차원에서 보다 과학적이고 체계적인 복구 및 재해방지 차원에서의 신속한 정보를 제공 할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 조성된 내화수림대에 적정 임분 배치를 기초로 하여 대형 산불 확산방지가 가능할 것으로 기대된다.
2. 연구대상지의 경년에 따른 산림 경관의 변화를 예측함으로써 연구 대상지의 산림자원 생산량 예측, 친환경적인 임분 구조의 타당성 평가 등 향후 강원도 동해안 지역의 산림 정책 및 발전방향에 있어서 많은 정보를 제공할 것으로 판단된다.
3. virtual GIS를 이용하여 컴퓨터 기반 위에 구축된 충분한 산불피해지역의 virtual environment를 통하여 tracking simulation을 구현함으로써 사용자로 하여금 새로운 접근방식으로 가상현실을 체험하게 된다.

사용자는 가상공간상의 적극적인 참여자가 됨으로써 연구 대상지의 현실세계를 가장 근사하게 묘사할 뿐만 아니라, 더 나아가서 현실세계의 시공간적인 제약을 극복할 수 있을 것으로 기대된다.

향후에는 내화수림대 조성에 있어서 세분화된 지형적 요소와 다른 관련인자(임분구조, 바람장 등)들을 고려하여 내화수림대를 조성해야 할 것으로 사료되며, 나무 성장 모델링에 있어서도 성장관련 인자들을 종합적으로 고려한 수종 성장 모델 등을 적용하여야 할 것으로 판단된다.

상세하고 생태학적인 GIS DB와 고정밀 위성영상자료를 활용하여 보다 정확한 산불피해 복구 및 대형 산불방지를 위한 효율적인 경관생태학적 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다. **KAGIS**

참고문헌

- 류승택, 최윤석, 최정단, 윤경현. 1997. 3차원 지형 모델링 및 비행 시뮬레이션 구현. 한국정보과학회 제24회 춘계학술발표집. 387-390쪽.
- 산림청. 2000. 동해안 산불지역 정밀조사 보고서. 23-45쪽.
- 이동규, 임원규, 한경숙. 1998. 등고선 지도의 특징 점을 이용한 효율적인 3차원 지형복원. 한국정보과학회 제25회 추계학술발표집. 653-655쪽.
- 이시영, 강용석, 안상현, 오정수. 2002. GIS를 이용한 산불피해지역 특성분석. 한국지리정보학회지 5(1):20-26.
- 임업연구원. 2002. 대형산불예방 및 위해방지를 위한 산림기능 고도화 기술개발 보고서. 125-130쪽.
- 임업연구원. 2003. 대형산불예방 및 위해방지를 위한 산림기능 고도화 기술개발 보고서. 18-19쪽.
- 조명희, 김형섭, 서애숙. 2002. 위성영상과 GIS를 이용한 산악지역의 지표특징과 온도의 공간분포 특성 추출. 2002 한국지리정보학회 추계학술대회 발표집. 93-102쪽.
- 조명희, 오정수, 이시영, 조운원, 백승렬. 2001. GIS를 이용한 산불 정보관리시스템 개발. 한국지리정보학회지 4(3):41-50.
- 조명희, 조운원, 김준범, 김현식. 2002. 웹 지리정보시스템 기술을 이용한 산불 현황정보 관리 시스템 개발. 한국지리정보학회지 5(4):93-105.
- 정인주. 2003. 3차원 Virtual GIS를 이용한 도시하천관리시스템 구축. 부경대학교 대학원 박사학위 논문. 21쪽.
- 캐드랜드. 2001. Virtual GIS Tour Guide. 3쪽.
- Burrough, P.A., M.F. Goodchild, R.A. Mcdonnell, P. Switzer and M. Worboys. 1998. Principles of Geography Information Systems. Oxford University Press, pp.120-131.
- Davis, B.E. 1996. GIS: A Visual Approach. Onword Press, pp.67-94.
- Jo, M.H., K.J. Lee, Y.W. Jo, B.K. Kwon and B.W. Jun. 2001. The spatial topographic analysis of urban surface temperature using remotely sensed data and GIS. Proceedings of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing 2001, pp.1129-1134.
- Jo, M.H., S.J. Kim and K.J. Lee. 2003. The extraction method for the best vegetation distribution zone using satellite images in urban area. Proceedings of the 24th Asian Conference on Remote Sensing 2003, pp.181-183.
- Ribarsky, W., L.F. Hodges, N. Faust and G. Turner. 1995. Virtual GIS: A real-time 3D geographic information system. Proceeding of Visualization 95 GVU Technical Report, 95pp. [KAGIS](#)