

산불확산예측 프로그램의 개발

유상식*, 김응식*, 이시영**, 김수영*
호서대 안전공학부*, 산림청 임업연구원**

I. 서론

산불발생 요인으로 캐나다와 미국의 경우에는 자연적인 현상이 대부분을 차지하고 있으나 우리 나라의 경우에는 입산 자들의 부주의, 농산폐기물소각 등에서 오는 인위적인 원인들이 대부분을 차지하고 있다. 또한 산불발생시 즉시 진화하기 어려운 이유는 우리 나라의 지형특성상 구릉지가 많아 발견되기 어렵고, 산불의 진압을 위한 장비와 인력동원에서 오는 지연시간 및 산불확산에 영향을 미치는 요인들의 변화를 예측하기 어렵다는 점에 있다. 산불로부터 산림의 피해를 최소화하기 위해서는 조기발견과 조기출동을 통한 초동진화가 중요하며, 조직, 인력, 장비를 효과적으로 운영할 수 있는 산불방지 시스템이 필요하다. 이러한 산불방지시스템의 측면에서 산불의 발생시 시간에 따른 확산범위를 예측할 수 있다면 산불방지를 위한 기초자료를 작성 할 수 있을 것이다. 산불은 공간상에서 연속적인 시간의 흐름을 가진 현상이다. 따라서 시간에 따른 공간의 특성을 파악하여 진행방향을 예측한다면 보다 신속한 초동진화를 가능하게 할 것이다. 본 논문은 컴퓨터 simulation을 이용한 산불확산의 예측과 훈련방법을 제시하고자 한다.

II. 본론

(1) 산불확산 Modelling

산불의 확산에 있어서 주요한 요소로는 바람, 온도, 습도, 연료의 종류등 여러 요소들이 있으며 본 논문에서는 한국적 특성에 맞는 침·활엽수 낙엽을 사용한 연소실험에서 진행속도를 측정한 정연하(1990)의 ROS (Rate Of Spread)식을 선택하여 사용하였다. 특히 이 중에서 주요한 인자인 바람을 풍속과 풍향으로 나누어 고려하였는데 이는 우리 나라의 경우는 서구와 달리 林地가 매우 복잡하여 국지풍 및 골풍의 영향으로 같은 경사각을 같더라도 서로 다른 바람의 분포를 갖는다는 점에 산불확산 예측에 어려움이 따기 때문이다. 국내에서는 산불확산 모델링으로 경사각이 동일한 서로 다른 계곡의 바람분포에 있어서 차이점을 고려한 모델링은 아직 고려된 것이 없다. 따라서 산불 확산모델링을 하고자 본 연구에서는 실제산불 발생지(충남 아산시 배방면 수철일리(水鐵一里) 태화산의(97년 3월 28일)) 산불를 조사하였고 1:5,000의 지도에서 추출한 고도자료를 이용하여 50m

×50m를 기본 단위로 하는 3차원 형상을 얻은 후 유체역학 코드에 적용하여 바람의 유동장을 셀 단위로 알아내고, 셀 단위의 바람에 관한 분포 값을 적용시키기 위한 확산알고리즘을 개발하고 분포 값을 적용하여 실제산불과 연고 면적과 진행시간에서 90%이상의 일치성 시뮬레이션 결과를 얻었다.

(2) 산불확산 simulation 개발 순서

본 논문에서의 산불확산 simulation의 개발 순서는 Fig. 1의 순서와 같다.

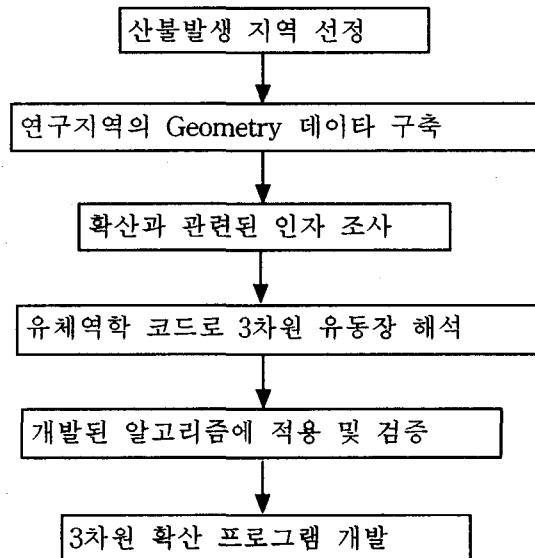


Fig. 1 산불확산 simulation 개발 순서

(3) 산불확산 시뮬레이션의 개발

본 논문에서 위의 산불 확산 알고리즘을 적용하여 실제적으로 사용이 편리하도록 Fig. 2와 같이 3차원 Window 산불확산예측 프로그램은 산불이 발생한 경우, 여러 가지의 확산에 영향을 미치는 변수를 바탕으로 역학적 계산을 통해 산불의 확산을 예측할 수 있는 프로그램이다.

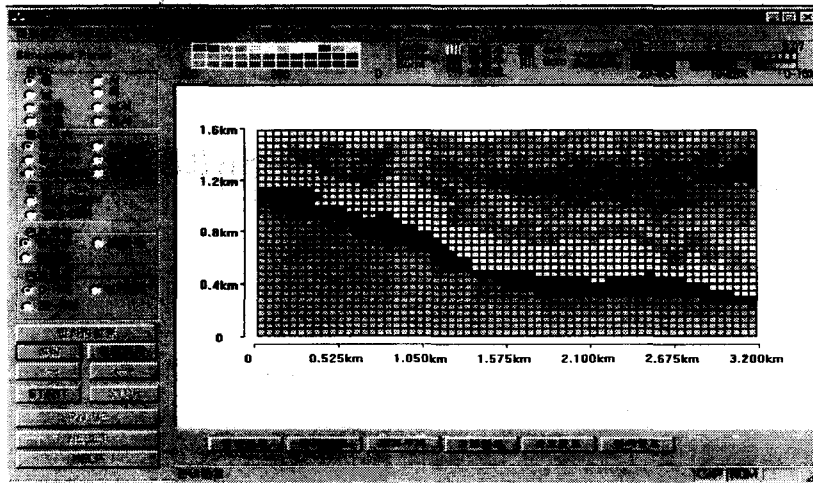
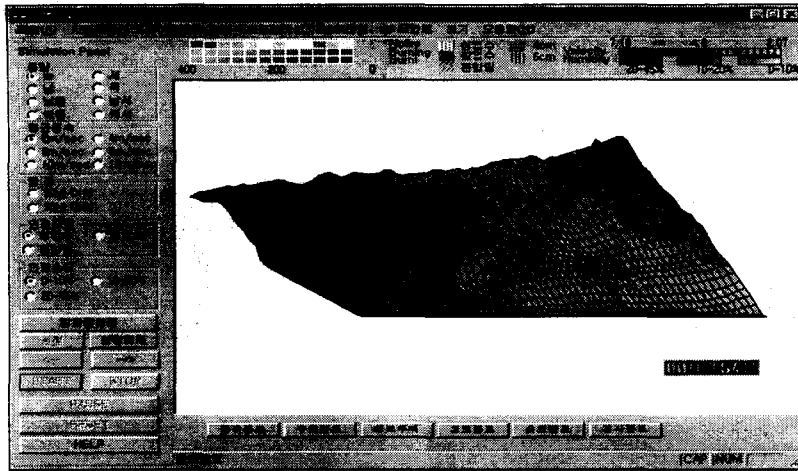


Fig. 2 산불 확산 simulation program

본 프로그램은 산불이 일어난 실제 지형데이터를 바탕으로 구성하였으며 실제 지형 데이터를 세분화하여 Grid로 3차원화 하였다. 또한 각 세분화된 Grid는 산불확산에 영향을 미치는 주요 변수들의 집합으로 구성되어 있다. 즉, Grid로 세분화된 각 Cell들은 실제 지형을 50m×50m으로 구성되어 있으며 산불 확산의 최소 단위가 되며 Grid로 표현된 각 Cell들은 서로 다른 고도를 갖고 있기 때문에 고도에 따라 Cell의 색상표를 다르게 하여 시각적인 효과를 가져오게 하여 다양한 산불확산 진행 상황을 모니터링 할 수 있게 하였다.

본 프로그램의 특징으로서는 실행에 필요한 명령은 윈도우의 메뉴를 통해 이루어지도록 하였다. GUI를 바탕으로 사용자가 프로그램을 사용할 때 보다 편하게

사용할 수 있는 환경을 제공하며 사용자가 변수들을 손쉽게 변경하여 결과를 확인할 수 있도록 하였으며 지형데이터는 산불 확산의 주요 요소로서 Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5와 같이 각각의 지형 데이터를 선택하여 simulation 할수 있도록 교육·훈련용으로 사용할수 있게 하였다.

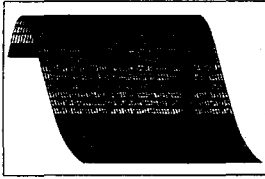


Fig. 3 단순사면형

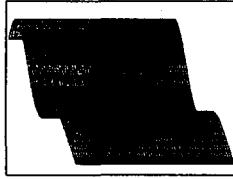


Fig. 4 능선사면형

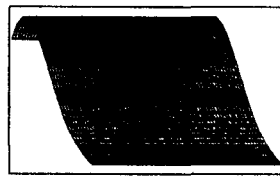


Fig. 5 구릉형

(4) 산불확산 simulation의 작동 순서

본 프로그램에서 특징으로서 사용시 조절할 수 있는 메뉴 및 변수들은 아래와 같다.

① 메뉴



Fig. 6 메뉴

메뉴는 파일, 시뮬레이션 조건, 발화점 설정, 시뮬레이션, 방화라인, 뷰 포인트, 보기, 도움말로 구성되어 있다.

① 시뮬레이션 조건은 확산 알고리즘에 이용되는 변수들의 설정을 하는 메뉴이다. 이 메뉴는 풍향, 풍속, 연료두께, 연료형태, 연료습도의 서브메뉴를 포함하고 있으며 각 항목별로 설정 가능하다.

② 발화점 설정은 3차원 지형모델을 2차원 모델로 변형하여 실제 산불의 시작 지점을 입력할 때 사용되는 메뉴이다.

③ 시뮬레이션은 모든 변수값과 발화점이 설정된 상태에서 산불의 진행 현황을 관찰하기 위해 시뮬레이션을 실행시키기 위한 메뉴이다.

④ 방화라인은 3차원 산불진행 시뮬레이션 결과 진행된 산불의 상태를 알아보기 위해 2차원 지형모델로 변형후 확인하기 위한 메뉴이다.

⑤ 뷰 포인트는 3차원 지형모델을 좌측 혹은 우측으로 전화하여 시각적인 효과를 보기 위한 메뉴이다.

⑥ 보기는 설정된 변수들의 상태값을 시각적으로 보기 위한 메뉴이다.

⑦ 모델은 형태별 지형을 시각적으로 보기 위한 메뉴이다.

② 변수 입력

다이얼로그(Dialog)는 메뉴에 있는 명령어들을 사용자가 사용하기 편하도록 구성된 입력 테이블이다.

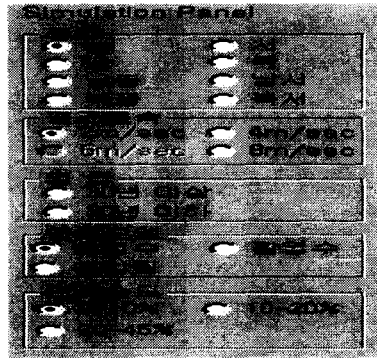
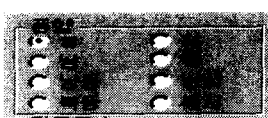

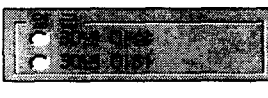

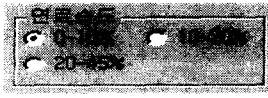


Fig. 7 입력 테이블

다이얼로그(Dialog)를 이용해 각 변수들의 설정값을 변경할 수 있고 또한 시뮬레이션을 실행·중지 시킬 수 있다.

Table. 1 simulation panel 입력 조건 및 작동 방법

조 건	성 능
	풍향은 동, 서, 남, 북, 남동, 남서, 북동, 북서의 8방향의 해당 버튼을 누르면 해당되는 방향의 산불확산 시뮬레이션을 볼 수 있다.
	평균풍속은 2m/sec, 4m/sec, 6m/sec, 8m/sec, 12m/sec, 15m/sec의 6개 항목중 해당버튼을 누르면 지형 전체의 평균풍속을 설정할 수 있다.
	영생은 30년이전과 30년이후의 2가지 종류중 해당항목을 누르면 지형전체의 수목연령을 설정할 수 있다.
	연료모델은 침엽수, 활엽수, 혼합림의 3종류중 해당버튼을 누르면 지형 전체의 수목모델을 설정할 수 있다.
	연료습도는 0~10%, 10~20%, 20~45%의 3종류중 해당버튼을 누르면 수목 전체의 상대습도를 설정할 수 있다.

③ 시뮬레이션의 실행

시뮬레이션 다이얼로그(Dialog)는 변수값의 설정을 마친 후 직접 시뮬레이션을 실행시키기 위한 테이블이다.

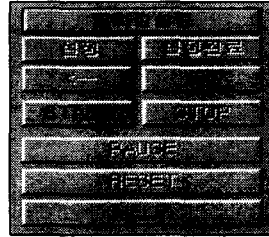


Fig. 8 시뮬레이션

Table. 2 시뮬레이션 조건 작동 방법

조 건	기 능
	발화점 설정은 정확한 발화지점을 입력하기 위하여 3차원 지형모델을 2차원으로 전환하여 발화점을 설정하는 명령이다.
	방화라인은 시뮬레이션 결과 산불의 진행된 상태를 2차원으로 확인하기 위한 명령이다.
	설정완료는 방화라인 실행 후 다시 3차원 지형모델로 전환시 사용하는 명령이다.
	START는 발화점을 설정한 후 시뮬레이션을 시작하기 위한 명령이다.
	STOP은 진행중인 시뮬레이션을 중지시키기 위한 명령이다.
	<--- 은 3차원 지형 모델을 왼쪽으로 전환시키기 위한 명령이다.
	---> 은 3차원 지형 모델을 오른쪽으로 전환시키기 위한 명령이다.
	PAUSE 은 시뮬레이션 실행도중 일시적으로 정지시키기 위한 명령이다.
	RESET 은 새롭게 시뮬레이션을 다시 시작하고자 할 때 기존의 설정상태를 Reset시키기 위한 명령이다.
	HELP 은 본 프로그램을 최대한 활용하기 위하여 각 명령들의 설명을 보기 위한 버튼이다.

④ 상태 테이블

상태 테이블은 색상의 구별을 두어 각 변수들의 분포를 확인하기 위한 것이다.



Fig. 9 상태 테이블

⑤ 변수상태 버튼

변수상태 버튼들은 각 변수의 상태를 보기 위해 실행하는 버튼들이다.



Fig. 10 변수분포 실행 테이블

(5) 시뮬레이션 결과

바람의 방향을 다르게 주고 같은 위치의 발화점에서 시작하였을 때의 산불확산 예측 프로그램을 실행시킨 결과는 다음과 같다.

① 남서풍

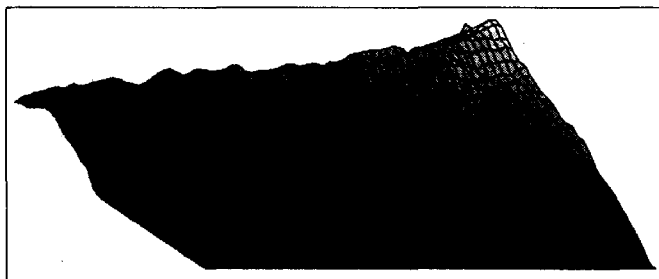


Fig. 11 시뮬레이션 결과 (남서풍)

풍향은 남서풍, 평균풍속은 4m/sec의 변수 값을 이용하여 시뮬레이션한 결과 위의 모델과 같은 결과를 얻었다.

② 남동풍

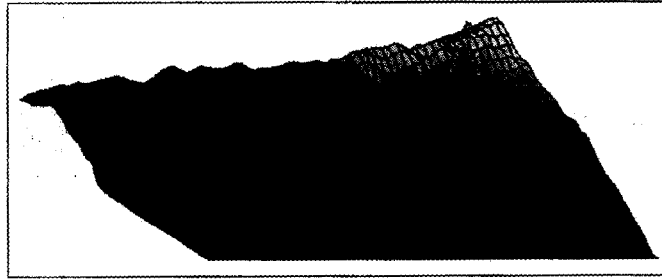


Fig. 12 시뮬레이션 결과 (남동풍)

풍향은 남서풍, 평균풍속은 4m/sec의 변수 값을 이용하여 시뮬레이션한 결과 위의 모델과 같은 결과를 얻었다.

III 결과.

현재 한국형 산불 확산 모델의 개발은 미비한 실정이며 따라서 산불 발생시 어느 정도 산불이 확산 될지 알 수 없는 실정이다. 이에 본 논문은 산불 확산 예측모델을 개발하여 산불의 진행방향을 예측하고 효율적인 산불진화 연습 모델 교육에 활용할 수 있는 방향을 제시하였으며 이는 산불 진화에 큰 도움이 될 뿐만 아니라 산불의 진화 및 훈련의 효율성과 편리성의 증대에 도움이 되리라 본다. 또한 앞으로 더 많은 산불확산 변수들의 관계들을 체계적으로 연구, 규명하여 더욱 정확한 한국의 지형에 맞는 산불 확산 시뮬레이션을 만들어 중요국립공원 및 산림보호 지역의 효율적인 진화 대책 수립도 가능하리라 사료된다.

IV. 참고문헌

- [1] Yeon Ha Cheong, "Burning Behavior of Forest Litter and Forest Fire Danger Rating in Relation to Weather Conditions", 서울대 博士학위논문, p. 47-52, 1992.
- [2] 박은경, "GIS를 이용한 산불확산 모델링, 서울대 碩士학위 논문, p. 13-20, 1996.
- [3] 이시영, "環境因子가 산불의 溫度 및 進行速度에 미치는 影響", 동국대 碩士학위 논문, p. 3-7, 1990.
- [4] 이시영, "산불發生 危險度 및 燃燒擴大 要因 分析에 關한 研究", 동국대 博士학위 논문, p. 52-84, 1994.

- [5] 김용석외 5명, "GIS를 이용한 산불擴散 Simulation 알고리즘의 개발" 1995. '95 秋季學術 논문발표회 논문 수록집.
- [6] 김윤정, "산불豫測 모델에 관한 研究(북한산 國立公園을 중심으로), 이화여대 碩士학위 논문, 1995.
- [7] 이동한외 2명, "시물레이션 이론과 실제", 敎學社, p. 1-13, 1993.
- [8] Geoffrey N.Berlin, "防火技術을 위한 컴퓨터 시물레이션", 消防安全 1993. 7-8월호
- [9] Patricia L. Andrews. BEHAVE: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System. USDA Forest Service. General Technical Report INT-194. , p. 38-43, 1986.
- [10] David Weinstein, Kass Green, Jeff Campbell, and Mark Finney, 1995, Fire Growth Modeling in an Integrated GIS Environment, Proceedings, ESRI User Conference.
- [11] R.C.Rothermal, "A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wild Land Fuels", USDA Forest Service, Research Paper INT-115, p. 3-6 , 1972.
- [12] F.A. Albin, "Spot Fire Distance from Burning Trees - A Predictive Model", USDA Forest Service Technical Report INT-56, 1976
- [13] R.C.Rothermal, "How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires", USDA Forest Service, General Technical Report INT-143, p. 9-39, 1983.
- [14] Brown, A. A., and Davis, K. P., "Forest fire control and use, p185, 1995.
- [15] AEA Technology , "CFX4.1:USER GUIDE", 1995.
- [16] Patricia L. Andrews., Carolyn H. Chase "Behave : Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System - Burn Subsystem, Part2, System-FUEL Subsystem", USDA Forest Service, General Technical Report INT-260, p. 1-15, 1989.
- [17] 송종훈외 5명, "A study on Forest fire spreading algorithm with calculated wind distribution", International Symposium on Fire Science and Technology '97, p. 305-310, 199