

# 산불확산 시뮬레이션 도입을 위한 FARSITE 고찰

## Research on FARSITE for introducing a Forest fire simulator

이시영\* · 박홍석\*\*

Si-Young Lee · Houngh sek Park

### Abstract

We studied a basic concept and application about FARSITE, which is a forest fire spread simulator for preventing and predicting fire in United States Department of Agriculture(USDA). And, we researched a problem in the transition for introducing, so we serve the basic method for prevention and attacking fire. For this transition, we compared the behavior of the 2005 Yangyang forest fire with the result of a simulation. The spread direction is similar to real data. But, while mean spread of rate was 0.65km/hr on real data, it was 0.3km/hr on simulation. As Damaged area is 1,387ha on real, it was 5,368ha on simulation. Therefore, it is necessary to establish a fuel concept for more accurate simulation.

**key words** : Forest fire, Forest fire simulator, FARSITE

## 1. 서론

최근 동해안 지역에서 대형 산불이 자주 발생하고 있으며, 산불피해에 대한 사회적 관심이 높아지면서, 이에 대한 피해를 감소하고자 하는 노력이 증가하고 있다.(방재환경연구센터,2005) 이에 대한 일환으로 재앙적인 산불 확산을 최소화하기 위한 처방화의 연료 연속성 감소 효과를 최적화하기 위한 연구가 지속되고 있으며,(Carlos Loureiro 등,2002) 이를 위해 산불 행동을 예측하기 위한 시뮬레이션이 개발이 되고 있다. 대표적인 예로는 미국의 FARSITE와 캐나다의 Prometheus 등이 있으며, 우리나라에서는 국립산림과학원에서 개발한 '산불확산예측프로그램'이 있다.(이병두,2005; 정주상,2001)

하지만, 각 시뮬레이션의 비교와 실제 적용에 대한 연구를 통해 향후 최적의 시뮬레이션 프로그램의 개발을 위한 연구가 보다 요구되는 상황이다. 따라서 본 연구에서는 FARSITE를 이용하여, 2005년도 양양 산불을 시뮬레이션 함으로써, 실제 산불 행동과의 비교를 통해, 보다 효과적인 시뮬레이션 개발에 목적을 두고 수행하였다.

## 2. 조사지역 및 연구 방법

### 2.1 조사 대상지

시뮬레이션과 비교를 위해 자료가 조사된 바 있는 강원도 양양군 양양읍 과일리 야산에서 2005년도에 발생한 산불을 대상으로 하였다. 이 산불의 최대 확산 속도는 1.21km/시간, 피해 면적은 1,837ha로 조사되었다. 또한, 확산 방향은 동쪽으로 확산한 뒤 남쪽과 북쪽으로 확산한 것으로 보고되었다.(이병두 등,2005)

### 2.2 FARSITE의 개요

FARSITE는 지표화 확산, 수관화 확산, 비화, 점 근원 산불 가속화, 그리고 연료 습도에 대한 현존하는 산불 행동 모형을 구체화하기 위한 시뮬레이션이다.

이차원적인 산불의 형상은 일반적으로 타원형으로 가정하며, 산불 생장 모형화(Huygenes' 정의)에 의해

\* 정희원 · 강원대학교 방재기술전문대학원 · 조교수 · E-mail : LSY925@kangwon.ac.kr

\*\* 교신저자 · 정희원 · 동국대학교 산림자원학과 · 박사과정 · E-mail : parkhs08@dreamx.net

벡터 혹은 파장 확산으로 표현하였다. 이것에 의하면 산불의 전면은 특정한 시간 단계로 지속적으로 확장되는 산불 폴리곤에 의해 퍼져나가며, 산불 폴리곤은 일련의 이차원 정점(X,Y축 상의 점)에 의해 정해진다. 정점의 숫자는 산불이 시간에 따라 성장함에 의해(폴리곤이 확장함에 의해) 늘어난다. 산불 폴리곤의 확장은 각각의 정점으로 부터의 방향과 확산속도를 계산하고, 시간 단계의 지속에 의해 증가시킴에 의해서 이루어진다. 산불 전면의 확산 방향과 정도는 타원형의 변형에 의한 최대 확장의 정도와 방향으로부터 얻어진다. 산불의 단지 머리 부분에서의 확산 정도는 Rothermel의 산불 확산 식에 근거하여 추측된다. 또한 뒷불 확산 비율에 의해 산불의 위치를 더욱 정확하게 계산한다.(Finney,1998)

이와 같이 FARSITE는 현존하는 산불 확산 모형을 활용하여, 현재 지역이 가지는 조건과 산불 확산을 Huygens의 정의에 적용하여, 산불 외곽선 상의 각각 정점에서의 산불 환경을 사용하고, 각 시간 단계 별로 타원형의 파장을 배열하는 것으로 산불 확산 시뮬레이션을 구현하는 프로그램이다.

## 2.3 시험 방법

FARSITE는 가상 구현을 위한 입력 자료로써, 고도 자료, 경사 자료, 사면 자료와 같은 지형자료와 수관 울폐도, 수고, 지하고 수관 밀도와 같은 임상 자료, 그리고 연료 모형, 낙엽층 중량, 그리고 굵은 연료량과 연료 수분과 같은 연료 자료가 필요하며, 기상자료와 풍향과 풍속 정보와 같은 기상 자료가 필요하다.

### 2.3.1 지형 자료

FARSITE는 가상 구현을 위한 필수 입력 자료로 고도, 경사도, 사면향 자료가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 FARSITE의 매뉴얼을 참조하여, 대상지의 수치지형도(DEM)를 사용하여ARCView를 통해 각각의 입력 자료를 ASCII 파일로 변환하였으며, 변환 자료를 각각 FARSITE에 입력하였다. 대상지의 수치 지형도는 국가 지리 정보망에서 유료로 판매하는 1:25,000 축적의 수치 지형도를 구매하여 사용하였다.

### 2.3.2 임상 자료

FARSITE의 가상 구현을 위한 필수 입력 자료로 수관울폐도(canopy cover) 자료가 필요하며, 부가적인 입력 자료로 수고, 지하고, 수관 밀도 자료가 필요하다. 따라서, 대상지의 수치 임상도를 사용하여 ARCView를 사용하여 각각의 입력 자료를 ASCII 파일로 변환 하였으며, 변환 자료를 각각 FARSITE 에 입력하였다. 대상지의 수치 임상도는 기존 산림과학원에서 제작한 1:25,000 수치 임상도를 근거로 현장 조사를 통해 자료를 변환하였다.

#### 2.3.2.1 연료 모형

연료 모형은 중요한 단계이다. FARSITE에서는 Anderson의 표준 13가지 모형(Anderson,1982)과 Scott과 Burgan의 동적 연료 모형을 사용하도록 설계되어 있다. 입력을 위해 산림청의 1:25,000 임상도를 바탕으로 현장 조사 후 각 식생 별로 Anderson의 표준 연료모형에 따라 연료 형을 부여한 후, ArcView에서 그리드화 작업을 거쳐, ASCII 포맷으로 변환 후 입력하였다.(Quan Yu,2002)

#### 2.3.2.2 수관 울폐도(소밀도)

수관 울폐도란, 단위 면적에서 수관이 차지하는 면적을 나타낸 것으로 수관화의 강도를 측정하는 척도가 될 수 있다. 본 연구에서는 연료모형 지도 제작에 사용된 산림청의 1:25,000임상도를 사용하여, FARSITE의 카테고리 입력 방식을 채택하였다. 이 방식을 사용하여 ArcView를 이용, 임상도 상의 소를 2, 중을 3, 밀을 4로 각각 입력하였다.

### 2.3.3 기상 자료

기상 자료는 온도와 습도를 기상인자로서 입력하며, 특히, 중요한 바람 관계 인자들은 풍향과 풍속을 시간대 별로 입력하여 자체 편집기를 사용하여 ASCII 포맷으로 입력한다.

### 2.3.3.1 기상인자 파일

기상 인자 파일은 다음과 같은 포맷으로 입력되며 FARSITE의 자체 편집기를 사용하여 입력하였다.

*MonthDay*강우량*Hour1Hour21*의온도2의온도1의습도2의습도고도

### 2.3.3.2 바람인자 파일

바람 인자 파일은 다음과 같은 포맷으로 FARSITE의 자체 편집기를 사용하여 입력하였다.

*MonthDayHour*풍속풍향그룹커버

### 2.3.4 기타 자료

기타 입력 자료는 초기 연료 수분 파일과 조정인자 파일, 지하고 파일 등이 FARSITE 입력의 기본인 프로젝트 파일을 입력하기 위해 필요하다. 그 중 다음 입력 값이 반드시 필요하므로 아래와 같이 입력하였다.

#### 2.3.4.1 초기연료 수분 파일

초기 연료 수분 파일은 지역의 산불 당시의 수분 상황을 반영하기 위한 입력 값으로써, 초기의 산불 확산에 중요한 영향을 미치는 인자이다. 본 연구에서는 양양 산불 당시의 기초자료가 없는 관계로 기본 입력 값을 입력하였다.

#### 2.3.4.2 조정인자 파일

조정 인자 파일은 산불 확산 패턴을 조정하여 시뮬레이션을 보다 실제에 가깝게 하기 위해 지역적인 자료나 경험적인 판단을 사용하여 확산의 비율만을 조정하는 것이다. 본 연구에서는 기존 산불과의 차이를 확인하고 이에 대한 이유를 고찰하기 위해 초기 값으로 입력하였다.

## 3. 결과 및 고찰

시뮬레이션은 보통의 기후 조건 하에서 3회 반복 실시하였으며, 산불모형은 Finney의 모형을 사용하였다. 모든 결과는 레스터 값으로 ArcMap에서 변환 후, 산불 확산 방향과 확산 속도, 피해 면적에 대해 실제 산불과 비교 하였다.

### 3.1 산불 확산 방향 비교

실제 조사 결과 실제 산불은 발생 후 8시간 만에 동해안에 도달할 정도로 빠르게 도달하여, 이후 남과 북 그리고 서방향으로 확산 한 것으로 조사되었다. 본 시뮬레이션에서는 그림1과 같이 산불 확산 방향이 초기에 북동과 동쪽으로 확산한 후, 약 17시간 만에 해안선에 도달한 후에 다시 해안선을 따라 북쪽으로 확장하였으며, 남쪽과 남동 방향으로도 확장하였다. 이러한 확산 형태는 실제 산불과 비슷한 방향이지만, 북동 방향의 빠른 확장은 시뮬레이션의 연료 입력 상 오류로 보인다.

### 3.2 산불 확산 속도 비교

실제 산불은 0.65km/hr의 확산 속도를 갖는 것으로 보고 되었으며, 본 연구에서는 그림2와 같이 시뮬레이션 결과 평균 0.005km/hr의 확산 속도를 갖는 것으로 조사되었다. 이는 산불의 주방향 뿐만이 아니라 역방향 까지 조사한 것으로 실제 주 방향의 도달 시간은 0.3km를 갖는 것으로 구현되었다. 이는 현재 대상 지역의 주 연료인 소나무림의 연료 특성이 시뮬레이션에 반영이 되지 않은 것으로 보인다.

### 3.3 산불 피해도 비교

실제 조사 결과는 전체 피해 지역은 1,387ha였으며, 그 중 80%이상인 1,000ha가 수관까지 완전히 연소된

것으로 보고되었다. 이에 반해 시뮬레이션은 전체 지역에서 278.45k/m<sup>2</sup>의 화염 강도를 가지며, 5,368ha가 연소된 것으로 계산되었다. 실제 확산이 발화 초기에 대부분 확산이 이루어진 데 반해, 시뮬레이션에서는 5일 오후에 급격히 늘어난 것으로 조사되었다. 이는 실제 초동 대응이 늦었지만, 주간에 진화가 주로 이루어진 것을 감안하면, 실제 진화 조정을 받지 않았다면, 시뮬레이션 상의 면적이 연소 될 것으로 예상된다.

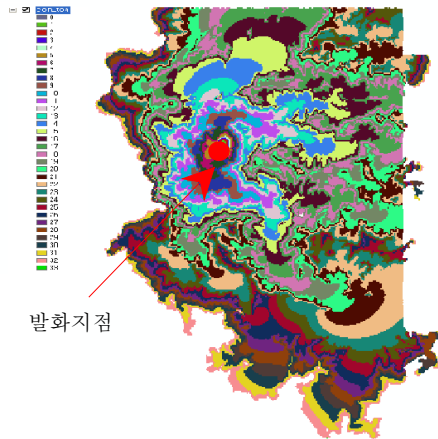


그림 1. 산불확산 시간(단위:시간)

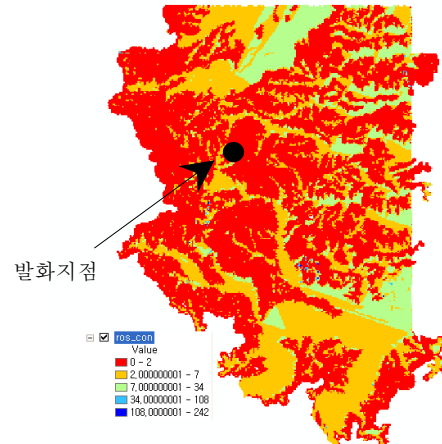


그림 2. 산불확산 비율(단위: m/min)

#### 4. 결론 및 제안

실험결과 시뮬레이션과 실제 상황 간에 산불 행동 상의 차이가 발생하였다. 실제 조사 결과와 시뮬레이션의 차이는 입력 연료 체계의 차이가 가장 큰 이유로 추측된다. 즉, 실제 임상의 대부분을 차지하는 소나무림과 경작지에 대한 연료 특성이 반영되지 않음으로써, 실제 산불이 보다 빠른 확산 속도와 강한 강도를 갖는 것으로 추측된다. 현재 시뮬레이션 상의 기상 조건의 변화와 조정인자의 조정을 통해 실제와 근접한 시뮬레이션을 구현할 수 있으나, 이는 임시적인 방안으로 생각된다. 따라서, 우리 실정에 맞는 연료의 각 인자와 산불의 행동과의 연관관계의 구명과 해외 연구 사례의 응용을 통한 체계적인 산불 연료 체계의 확립이 병행 연구되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 방재환경연구센터(2005). “을유년 4월 동해안 대형 산불의 교훈: 진단과 예방 및 복구”.
2. Carlos Loureiro, Paulo Fernandes & Herminio Botelho(2002). “Optimizing prescribed burning to reduce wildfire propagation at the landscape scale”, Forest Fire Research & Wildland Fire Safety, Viegas.
3. 이병두 (2005). “GIS와 RS를 이용한 2000년 삼척 산불 행동 특성 분석 및 산불 확산 예측 모델 개발”, 서울대학교 박사학위 논문.
4. 정주상 (2001). “산불 확산 예측 프로그램 개발”, 농업 생명 과학 연구 제5권, P.255.
5. 이병두, 이시영, 정주상 (2005년). “2005년 양양 산불 행동 특성” 한국화재소방학회논문지 제 19권 제4호
6. Mark A. Finney (1998). “FARSITE: Fire Area Simulator” RMRS-RP-4, p.1-4.
7. Anderson, H.E (1982). “Aids to determine fuel models for estimating fire behavior.” USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-122.
8. Quan Yu, Qi Chen, Deshen Liu, and Yong Q. Tian (2002). “Fire Hazard Mitigation and Vegetation Management”, LA221 Final Project Report.