

3-Boyutlu Orman Yangını Yayılımı Sistemi *

(3D Forest-Fire Spread Simulation System)

Kıvanç Köse¹, Erdal Yılmaz², Nikolaos Grammalidis³, Bahadır Aktuğ, A. Enis Çetin¹, İlhami Aydın⁴

¹ Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye

² Enformatik Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

³ ITI-CERTH, Thessaloniki, Greece

⁴ Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

kkivanc@ee.bilkent.edu.tr, eyilmaz@ii.metu.edu.tr, ngramm@iti.gr,

baktug@gmail.com, cetin@bilkent.edu.tr, ilhamiaydin@yahoo.com

Özetçe

Global ısınma ve buna bağlı kuraklık nedeniyle son yıllarda orman yangınlarının sayısında gözle görülür bir artış olmuştur. Yangın algılaması birçok yerde insanlar tarafından yapılırsa da bu konuda da bilgisayarlı otomatik sistemlerin kullanımına başlanmıştır. Yangınla savaşta, yangının algılanmasının dışında efektif bir şekilde söndürülmesi de çok büyük bir önem taşır. Yangının çıkışından itibaren nasıl bir yayılım izleyeceğine bağlı olarak yapılacak erken müdahaleler yangının daha çabuk söndürülmesinde çok önemli bir paya sahiptir. Burada anlatılan yangın yayılımı simülasyonu sayesinde, yangının ilerleyişinin önceden tahmin edilmesi ve bu tahminlerin bir CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) yazılımı ile görselleştirilmesi amaçlanmaktadır.

Abstract

In the last few years, due to the global warming and draught related to it, there is an increase in the number of forest fires. Forest fire detection is mainly done by people but there exists some automated systems in this field too. Besides the detection of the forest fires, effective fire extinguishing has an important role in fire fighting. If the spread of the fire can be predicted from the starting, early intervene can be achieved and fire can be extinguished swiftly. Using the Fire Propagation Simulator explained here it is aimed, to predict the fire development beforehand and to visualize this predictions on a 3D-GIS environment.

1. Giriş

Global ısınma kaynaklı iklim değişikliği, dünyanın bitki yaşamını tehdit etmektedir. Özellikle yağmurlu dönemlerin azalması ve sıcaklık artışına bağlı kendinden tutuşma, orman yangınlarının ana nedenlerini oluşturmaktadır. Bu nedenlere birde insanlar tarafından kasıtlı olarak çıkarılan yangınlar eklendiğinde, yıllık orman yangını rakamları çok büyük değerlere

ulaşmaktadır. Birçok ülke, orman yangınlarını erken bulmak amacıyla yangın algılama sistemleri kurmuştur. Fakat bu sistemlerin büyük bir kısmı insanlara bağlı çalışmaktadır. Orman içinde kurulan yangın kuleleri sayesinde çevrenin kolayca izlenebilmesi sağlanır. Orman yakınlarında yaşayan yerli halktan insanlar bu kulelerden ormanı gözleme işini yürütür. Bu kişilerin görevi ormanı bu kulelerden izlemek ve olağandışı herhangi bir durumu ilgililere bildirmektir.

Fakat bu tip sistemlerin yangınları fark etme ve bildirme süreleri dakikaları hatta bazen saatleri almakta ve bu nedenle yangına müdahale gecikmektedir. Bu nedenle otomatik yangın algılama sistemlerine olan talep son yıllarda giderek artmıştır. [1],[2]de videodan ateş ve duman bulma bazlı otomatik bir yangın algılama sistemi anlatılmaktadır. Burada bahsedilen sistem Türkiye’de birçok ormana yerleştirilmiş ve test edilmiştir. Sistem, ormanlar da bulunan izleme kulelerine yerleştirilen RGB kameralar ve bunların bağlı oldukları bilgisayarlardan ibarettir. Ayrıca bu sistemler bir IP network sayesinde hem birbirlerine hem de ana merkeze internet üzerinden bağlanmaktadır. İsteyen her yetkili kamera görüntülerine internet üzerinden ulaşabilmektedir. Bu sayede yangın algılamanın dışında diğer kritik işler olan itfaiye birimleri ve araçlarının konuşlandırılması, yerel hava tahmini vb. işlerde bu sistem yardımıyla daha kolay yapılabilmektedir.

Yangının algılanması aslında çok adımlı bir işlemin ilk adımlarını oluşturmaktadır. Yangının algılanmasından sonra yapılması gereken ana işlem yangının ilerleme yönünün ve hızının öngörülmesidir. Eğer ormanın karakteristik modeli, anlık rüzgar hızı ve yüzey şekilleri vb. bilinirse yangının nasıl ilerleyeceği tahmin edilebilir ([3],[4]) ve yangınlara karşı önceden müdahale imkanı sağlanmış olur. [3],[4] gibi çalışmaların öncülüğünde yangın yayılım modelleri ve yazılımları geliştirilmiştir ([5],[6]). Fakat sadece az sayıda sistem, yangın yayılımını bir Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS-Geographical Information System) üzerinde görselleştirme şansını kullanıcıya vermektedir.

Bu makalede yeni bir yangın yayılım sistemi tanıtılmaktadır. Bu sistem CBS ortamı olarak Google Earth™ kullanılmaktadır. Yangın yayılımının hesaplanmasında

*Bu çalışma Avrupa Topluluğu 6. Çerçeve Programı tarafından 511568 No’lu proje kapsamında (3DTV: Integrated 3D Television: Capture, Transmission, and Display) desteklenmektedir.

[5],[6]de verilen, birçok farklı sistemin arasından *fireLib* [8] kullanılmıştır. *fireLib*, yangın yayılım hızı, şiddeti, alev boyu vb. orman yangını parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan bir C kütüphanesidir.

Bölüm 2’de yangın modellerinin ortak parametreleri ve *fireLib* kütüphanesinden, bölüm 3’de yüzey şekillerinin nasıl çıkarıldığından ve bu şekillerin yayılım programında nasıl kullanıldığından bahsedilmektedir. Görselleştirmenin nasıl yapıldığı bölüm 3’de ele alınmaktadır. Sistemin görselleştirme sonuçları bölüm 4’de verilmektedir. Vargılar ve gelecekte yapılması planlananlar bölüm 5’da ele alınmaktadır.

2. Yangın Modelleri ve *fireLib*

fireLib [8], *BEHAVE*[9] yangın yayılımı modeli kütüphanesinin C programlama dilinde yazılmış halidir. *BEHAVE* yangın yayılımı hesaplarken ormana ve çevre durumlara dair birçok parametreyi gözönüne alır. Bunların içinde ormanın karakteristiklerinden, hava durumuna kadar bir çok parametre vardır. Yangının yayılımının hesaplanması ve dış etkenlerin yayılım üzerindeki etkileri [3]de formülize edilmiştir. Burada bahsi geçen denklemler, kontrollü deneyler sonucunda elde edilmişlerdir. Yayılım denklemlerinin temelini, yakıt modelleri oluşturmaktadır.

Yakıtın, parça büyüklüğü, parçalarının yüzey alanı/hacim oranı, içinde barındırdığı nemi ne kadar koruyabildiği, birim zamanda ne kadarının tükendiği vb. gibi özellikleri, fonksiyonlar olarak ifade edilebilirler. Daha sonra bu fonksiyonlar kullanılarak yangının şiddeti hesaplanır. Bir bölgenin belli bir anda yanmaya başlama olasılığı, komşularındaki yangın şiddetine bakılarak hesaplanabilir. Yangının yayılımı, ana hatları ile bu şekilde hesaplanır. Yukarı da bahsedilen prosedür, rüzgarın olmadığı, düz bir alan için geçerlidir. Rüzgarın ve yüzey şekillerinin etkisi, yukarıda bahsedilen fonksiyonların - en basit anlamda- ağırlıklandırılması ile gerçekleştirilebilir.

BEHAVE kendi içinde 13 adet bitki örtüsü (yakıt) modeli bulundurmaktadır. Bunun yanında ayrıca kullanıcıya yeni modeller geliştirme imkanı vermektedir. Yakıt (yanabilecek herhangi bir bitki) yatağı derinliği, yakıtın nemlilik oranı ve bunu ne kadar koruyabildiği, yakıt parçalarının yüzey-hacim oranı vb. parametreler bitki örtüsü modelinin parametreleri belirlenerek yeni modeller oluşturulabilir. Model parametreleri ve bu parametrelerin tanımları [3],[9]de verilmektedir. Buradan bahsedilen simülator *fireLib* içinde hazırda bulunan bu 13 yakıt modelinden birini kullanmakta ve yayılım hesaplamalarını bunlara göre yapmaktadır.

Bitki örtüsü bilgisi dışında hava durumu ve yüzey şekilleri hakkındaki bilgiler de yangının yayılımının etkileyen faktörlerdendir. Hava durumu bilgisi lokal kaynaklardan (izleme kulelerinde bulunan ölçme cihazları) veya meteorolojiden alınacak bilgilerle sağlanabilir. Hava durumu parametrelerinden yangının yayılımını en çok etkileyenler nem oranı ve rüzgardır. Fakat izleme kuleleri genellikle yüksek yerlerde bulunduklarından, yangın alanının rüzgar ve nem karakteristiklerini çok iyi yansıtamazlar ve ancak bu konuda sadece bir tahmin olabilirler. Yayılım yönünün karşısından esen rüzgar ve yüksek nem oranı yayılımı yavaşlatan faktörlerdir. Özellikle eğim yukarı esen rüzgarlar yayılımı çok hızlandırılır.

Havanın nem oranı dışında, özellikle bitki örtüsünün nem

oranı, yayılımı hızını etkileyen önemli faktörlerdendir. Bitkilerin yanma ısıları, içerdikleri nem oranı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle günlük hava durumu dışında, geçmiş hava durumu bilgileri de önemlidir. Mesela yangından birkaç gün önce yağmış olan bir yağmur, bölgedeki yangın oranını düşürdüğü gibi, çıkması muhtemel bir yangınında yayılım hızının azalmasına yol açar.

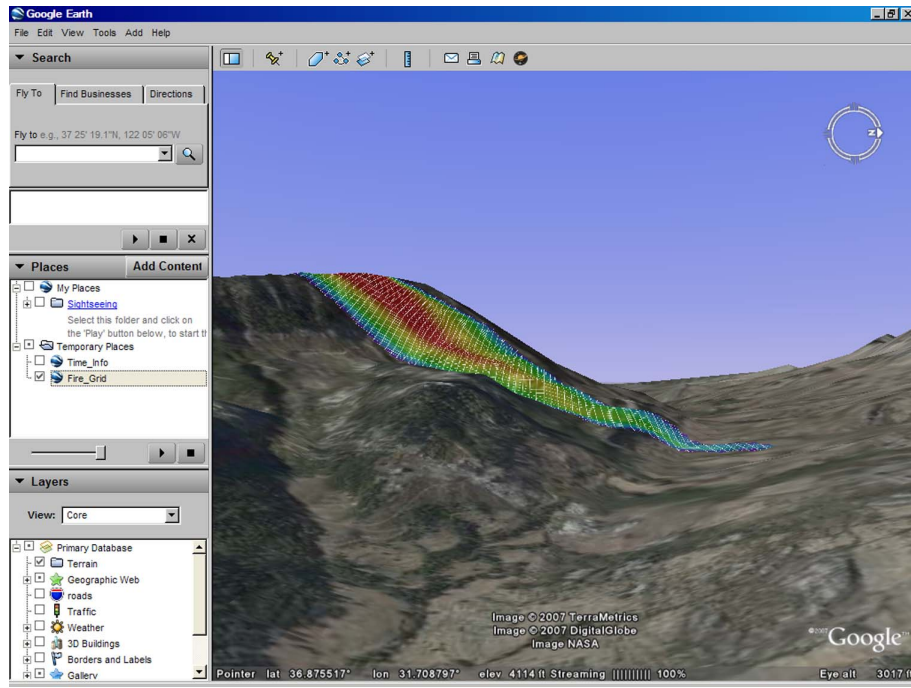
3. Yüzey Şekillerinin Çıkarılması, Görselleştirme ve Google Earth™

Orman yangını analizleri doğası itibarıyla CBS ve Konumsal Veri kullanımını gerektirmektedir. Özellikle Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (SAYM) aracılığı ile elde edilen yükseklik, eğim ve bakı verileri orman yangını analizlerinde birer girdi olarak kullanılmaktadır. Biz bu çalışmada analiz için gerekli olan konumsal verileri hazır bir CBS aracı ile elde etmeden kendi geliştirdiğimiz bir hizmet yazılımı aracılığı ile elde ettik. Bu sayede özellikle eğim ve bakı hesabında istediğimiz algoritma/algoritmalarla göre sonuçlar üreterek daha esnek bir çözüm oluşturabildik. Mesela bakı değerini yükseklik noktalarından oluşturulan üçgen yüzeylerin normal vektörünü alarak hızla hesaplayabildik. Bu yaklaşımı seçmemizin diğer bir önemli nedeni ise geliştirdiğimiz uygulamayı bir web servisi uygulaması haline getirmemiz durumunda bütün bu sonuçların isteyen istemci uygulamalara bilgisayar ağları aracılığı ile iletebilmesine imkan vermektir. Bu durumda yazılım farklı analizler içinde veri üretebilecek ve aynı zamanda büyük bir yer tutan yükseklik modelinin istenirse sadece merkezde tutulması da sağlanmış olacaktır. Bu çalışma kapsamında öncelikli olarak tüm Ege ve Akdeniz bölgesini içeren bütünlük bir SAYM oluşturduk. Bu modeli oluştururken 3 saniye aralıklı, dosya bazlı, internet üzerinden indirilebilen ve kullanımı serbest olan SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) yükseklik verilerini kullandık. Sonuç olarak hazırladığımız basit hizmet yazılım aracılığı ile enlem ve boylam değerleri ile belirtilen bir noktaya ait yükseklik, eğim ve bakı değerleri hesaplanıp analize dahil edilebilmektedir.

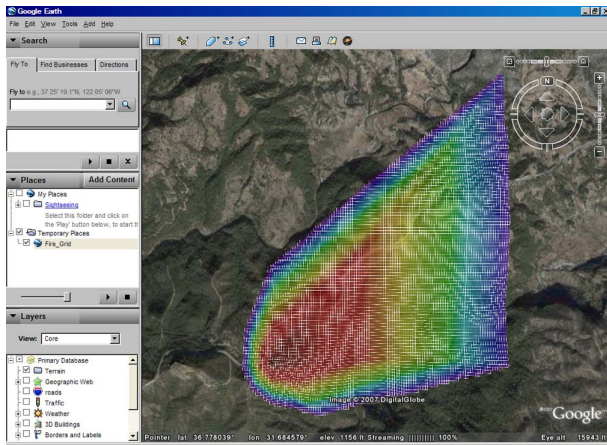
Daha önce bu bölümde anlatılan CBS verileri, bölüm 2de bahsedilen yakıt modelleri ve *fireLib* yangın kütüphanesi kullanılarak yapılan yangın analizinin birçok farklı çıktısı vardır. Bunlardan bazıları; yangını bir alana ulaşma zamanı, alev boyu, alev şiddetidir. Şu an için bu simülatorde için sadece yangının bir alana ulaşma zamanı ve alev boyu çıktı olarak verilmektedir. Yangının bölgeler bazındaki şiddetinin de çıktı olarak verilmesi gelecek çalışmalarda düşünülmektedir. Alevin bir yere ulaşma zamanı, yayılımın öngörülmesinde, alev boyu ise görselleştirme sırasında daha gerçeğe yakın bir gösterim sağlanmasında kullanılmaktadır.

Çalışmamız dahilinde CBS ve konumsal veri kullanımının diğer bir bacağı da analiz sonuçlarının görselleştirilmesidir. Bu uygulama kapsamında geliştirdiğimiz diğer bir yazılım da analiz sonuçlarını alarak bunları KMZ (Google Firmasına ait XML tabanlı bir coğrafi veri sunumu dosyası) dosyası haline getirmektedir. Bu sayede analiz sonuçları Google Earth™ veya KMZ dosyası gösterebilen herhangi bir CBS yazılımı üzerinde sunulabilmektedir. Google Earth™ üzerinde yapılan örnek bir gösterim Şekil-1’de yer almaktadır.

Şu an için sadece statik bir gösterim yapılmaktadır.



Şekil 2: Yangın yayılımının istenilen farklı açılardan gözlenmesi Google EarthTM ile mümkün kılınmıştır. (Güğlen-Antalya)



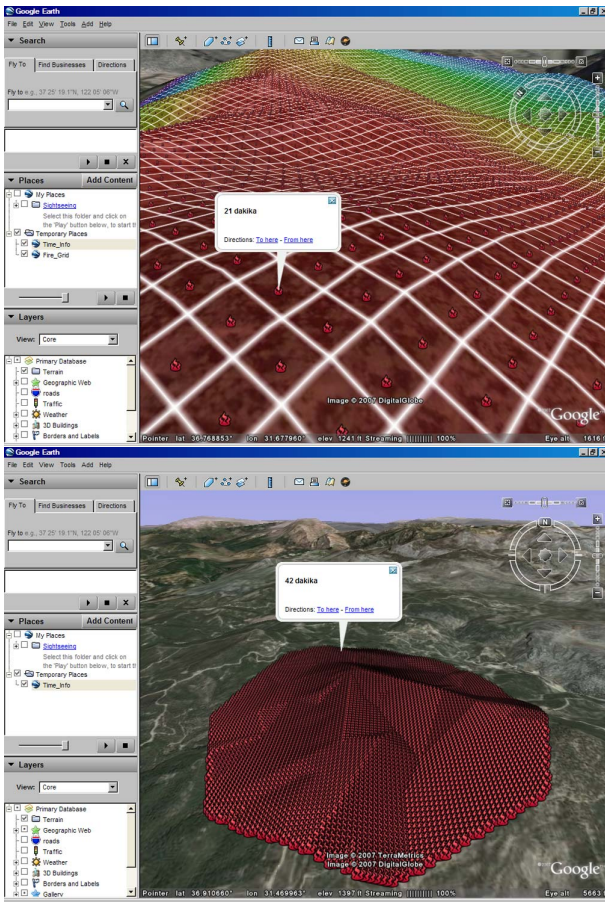
Şekil 1: Yangın yayılımının zamansal gösterimi (Gelin Tepesi-Antalya)

Bölünmüş alanlar üzerlerine gelinip seçildiklerinde, kullanıcıya zaman bilgisi vermektedirler. Ayrıca alanlar renk kodlanmış olup, kırmızı ve tonları en çabuk yanacak alanları, yeşil ve tonları ise daha sonra yanacak alanları göstermektedirler (Şekil-1, Şekil-2). Ayrıca istenilen bölgenin zaman bilgisine, Şekil-3de görüldüğü gibi, üstüne gelinip seçilmesi ile ulaşılabilir. Bu bilgiler fireLib tarafından hesaplanır ve Google EarthTM'ün görselleştirmede kullandığı KML/KMZ dosyalarına işlenir. Bu dosyalar başka 3B-CBS programları tarafından da kullanılabilirler dolayısı çok avantajlıdır. Ayrıca Google EarthTM'ün kullanıcıya sağladığı haritaya farklı açılardan ve yüksekliklerden bakabilme özelliği sayesinde, Şekil-2de görüldüğü gibi, yangına istenilen açıdan

bakılabilmekte ve 3-Boyutlu yüzey şekilleri görülebilmektedir. Bu sayede yangına nasıl yaklaşılması gerektiği konusunda daha iyi bir fikir sağlanabilmektedir.

Biz bu çalışmada sonuçları özellikle Google Earth tarafından sunulan 3B ortam üzerinde görselleştirerek değerlendirdik. Sharp Actius AL3DUTM model bilgisayar kullanılarak gözlüksüz otostereoskopik 3B görselleştirme gerçekleştirdik. Bu sayede gerçeğe daha yakın bir yangın yayılımı temsili sağlandı. Özellikle yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü sunulan yerlerde orman yapısı/sıklığı rahatlıkla görülebilmekte ayrıca eğim ve baki hakkında bir fikre sahip olunmaktadır. Elde edilen analiz sonuçları ise bu uygulama üzerinde farklı şekillerde gösterilebilmektedir. Örneğin; KMZ dosyaları ile zaman serileri ile animasyon oluşturmak mümkündür. Bu durumda uygulama üzerinde yer alan kaydırma çubuğu hareket ettirilerek yangının başlangıç anı, 10 dakika sonraki durumu veya 1 saat sonraki durumu rahatlıkla görülebilir. Bunun yanı sıra farklı görselleştirmelerde mümkündür. Mesela alev yüksekliği veya ortaya çıkacak ısı, farklı bölgeler için orantılı yüksekliklerde dörtgen prizma çubuklarla gösterilebilir. Sonuç olarak KMZ dosyaları aracılığı ile sunulan farklı olasılıklar yardımı ile çok farklı görselleştirmeler yapmak mümkündür.

Bahsedilmesi gereken başka bir konu da görselleştirilen analiz sonuçlarının Google Earth üzerinde sunulan raster görüntülerin yanı sıra vektör verilerle beraber değerlendirilmesinin de olası oluşudur. Örneğin orman yolları, yangın yolları, su kaynakları benzeri vektör katmanlar da yangına müdahale de karar verme sürecine katkıda bulunabilir.



Şekil 3: Her bölge yangını kendisine ne zaman ulaşacağı bilgisine sahiptir. (Gelin Tepesi-Antalya)

4. Sonuçlar

fireLib, SRTM, Google Earth™ gibi farklı bileşenlerin birleşmesi sonucunda yeni bir yangın yayılımı simülâtörü ortaya çıkarılmıştır. Yangının yayılım yönü erkenden tahmin edilerek, erken müdahalenin kolaylaşması ve yangının muhtemel yolunda bulunan yakıtların temizlenmesi suretiyle yangının durdurulması amaçlanmaktadır. [11]'de birçok farklı yangın simülâtörü verilmiştir. Burada bahsedilen daha önceden yapılmış çalışmalara ([12],[13]) kıyasla kullanımı, yorumlaması daha kolay ve gösterim konusunda daha başarılı bir simülâtör ortaya çıkarılmıştır.

5. Vargılar ve Gelecek İşler

Burada yapılan iş Türkiye ve Yunanistan ortak çalışması olup, sonuçta Türkiye ve Yunanistan ormanlarına uygun orman modellerinin geliştirilmesini ve [2]da anlatılan sistem ile entegrasyonun sağlanıp, komple bir yangın algılama ve söndürme sisteminin oluşturulmasını amaçlamaktadır. İki ülkenin orman müdürlüklerinin ortak çalışması ile bu modellerin çıkarılması için gerekli olan model parametrelerinin elde edilmesine çalışılacaktır. Buralardan elde edilecek bilgiler ışığında başlangıç modelleri oluşturulacaktır. Eski yangınlar bu yeni modeller ile simüle edilecek ve bu yangınların GPS verileri

ile yeni verilerle karşılaştırılacaktır. Oluşan farklılıklar ışığında model üzerinde güncellemeler yapılarak yeni bir simülasyon yapılacaktır. Bu iteratif metod ile gerçek modellere ulaşılması amaçlanmaktadır.

Ayrıca yangın bölgesindeki lokal rüzgarın yönü ve hızının, izleme kulelerindeki kameralar tarafından kaydedilen videolardan hesaplanması için bir algoritmanın üzerinde de çalışılmaktadır. Bu sayede daha kesin sonuçlar ve hatta dinamik değişen sonuçların elde edilmesi hedeflenmektedir.

Statik olan su anda ki gösterim, fireLib tarafından oluşturulan zaman bilgilerine dayalı olarak dinamik hale getirilecektir. Ayrıca gösterimde kullanılan alev boylarında zamana ve yangının sönmeye parametrelerine dayalı olarak değişecektir. Bu iki yöntem sayesinde yangının ilerleyişinin bir animasyonu elde edilecek ve daha gerçekçi bir temsil ortaya çıkartılacaktır.

6. Kaynakça

- [1] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, U. Gudukbay, A. E. Cetin, "Computer vision based system for real-time fire and flame detection", *Pattern Recognition Letters*, 27 (2006) 49-58
- [2] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, A. E. Cetin, "Wavelet based real-time smoke detection in video", *13th European Signal Processing Conference-EUSIPCO* 2005.
- [3] Rothermel, R. C., "A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels". *USDA Forest Service General Technical Report INT-115*, Ogden, UT, 1972.
- [4] Rothermel, R. C., "How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires". *USDA Forest Service General Technical Report INT-143*, Ogden, UT, 1983.
- [5] <http://www.fire.org>
- [6] <http://www.firemodels.org/>
- [7] Thon, S., Remy, E., Raffin, R., Gesquiere, G., "Combining GIS and Forest Fire Simulation in a Virtual Reality Environment for Environmental Management", *ACE: Architecture, City and Environment*, No: 2, June 2007
- [8] fireLib software implementation and documentation, <http://www.fire.org/index.php?option=content&task=category§ionid=2&id=11&Itemid=29>
- [9] P. L. Andrews, "Behave: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System - BURN Subsystem, Part 1", *USDA Forest Service General Technical Report INT-194*, 1986
- [10] <http://www.tridef.com/display/profile/all.html>
- [11] <http://www.firemodels.org/index.php>
- [12] Stratton, Richard D. "Assessing the Effectiveness of Landscape Fuel Treatments on Fire Growth and Behavior", *Journal of Forestry*, vol. 102, no. 7, pp. 32-40, Oct./Nov 2004.
- [13] Finney, Mark A., "FARSITE: Fire Area Simulator-model development and evaluation". Res. Pap. RMRS-RP-4, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 47 p., 1998.