

Bilgisayarla Görü ile Orman Yangını Tespiti

Computer Vision Based Forest Fire Detection

B. Uğur Töreyn, A. Enis Çetin

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Bilkent Üniversitesi

{ugur,cetin}@ee.bilkent.edu.tr

Özetçe

Yangın gözetleme kuleleri tüm dünya ve Türkiye'deki ormanlarda yaygın olarak kurulu bulunmaktadır. Bu kulelerin büyük bir kısmında elektrik mevcuttur. Olası orman yangınlarının tespiti amacıyla bu kulelere güvenlik kameraları yerleştirilebilir. Halen, orman yangın tespit süresi ortalama olarak 5 dakika civarındadır. Geliştirilen bilgisayarla görüş tabanlı yöntemin amacı ortalama tespit süresinin azaltılmasıdır. Tespit yöntemi, farklı hızlarda güncellenen arkaplan resimlerinin dalgacık domeni çözümlemesine dayanmaktadır.

Abstract

Lookout posts are commonly installed in the forests all around Turkey and the world. Most of these posts have electricity. Surveillance cameras can be placed on to these surveillance towers to detect possible forest fires. Currently, average fire detection time is 5 minutes in manned lookout towers. The aim of the proposed computer vision based method is to reduce the average fire detection rate. The detection method is based on the wavelet based analysis of the background images at various update rates.

1. Giriş

Orman yangınları dünyadaki yaşamı ve biyolojik çeşitliliği tehdit eden felaketlerin başında gelmektedir. Bu özelliği ve artan küresel ısınma endişeleri sebebiyle literatürde orman yangınlarıyla alakalı pek çok yayın bulunmaktadır [1]. Orman yangınlarının erken tespiti yangın neticesinde meydana gelebilecek olan zararın en aza indirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Yangın gözetleme kuleleri tüm dünya ve Türkiye'deki ormanlarda yaygın olarak bulunmaktadır. Türkiye'de 800'ün üzerinde yangın gözetleme kulesi mevcuttur. Bu kulelerin çok küçük bir kısmı hariç, çoğunluğunda elektrik tesisatı da bulunmaktadır. Yangın tespiti amacıyla bu kulelere kameralar yerleştirilebilir ve güvenlik görevlilerinin iş yükleri önemli ölçüde azaltılabilir.

Bu bildiride, orman gözetleme kulelerine kurulacak kameralı sistemler için geliştirilen bilgisayarla görüş ile orman yangını tespit yöntemi anlatılmaktadır. Literatürde, kameradan gelen video işaretlerinin analiziyle yangın tespit edilmesine yönelik pek az sayıda çalışma bulunmaktadır [7-12]. Mevcut video tabanlı yangın tespit çalışmalarının önemli bir kısmı 30m'den daha yakın mesafelerdeki yangınların tespit edilmesine yönelik geliştirilen çalışmaları içermektedir. Buna karşın, örneğin [12]'de Guillemant ve Vicentetarafından

gözetleme kulelerinden orman yangını tespiti için geliştirilen bir yöntem sunulmuştur. Bu araştırmacılar yöntemlerini dumanın zaman içinde birbiriyle ilintili gri-düzeyi değerleri üretmesi gözlemine dayandırmaktadırlar. Bir diğer çalışmada enfraruj kamerayla kaydedilen uydu görüntülerinde istatistiksel analizler yapılarak orman yangını olan bölgelerin tespit edilmesi için geliştirilen bir yöntem sunulmuştur [13]. Benzer bir kural-tabanlı çalışmada kızılberisi kameralar yanında meteorolojik sensörler de önerilen sisteme dahil edilmiş, arazinin eğimi gibi civarın jeolojik bilgilerinin tutulduğu bir veritabanından da faydalanılmıştır [14].

Kızılberisi kamerayla ateş tespit yöntemlerinin en önemli eksikliği, enfraruj kameraların dumana duysuz olmalarıdır. Ateş bölgeleri ise özellikle ormanlık arazilerde her zaman kameranın görüş alanı içerisine girmeyebilir. Bu sebeple, olası bir orman yangınında gökyüzüne yükselen dumanın tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu bildiride orman yangınları neticesinde çıkan dumanın görünür ışıktaki çalışan kamerayla elde edilen görüntülerde tespit edilmesini sağlayan bir yöntem anlatılmaktadır. Geliştirilen yöntemle, kameranın görüş alanı içindeki bölgeye ait biri hızlı diğeri daha yavaş güncellenen iki arkaplan resmi oluşturulmaktadır. Yanlış alarm oranını düşürülmesi için olası duman bölgelerine karşılık gelen dalgacık dönüşümü katsayılarından entropi değerleri kestirilmekte ve düşük değerli olanlar duman bölgesi olarak belirlenmektedir. Yönteme dayalı olarak geliştirilen sistem Antalya iline bağlı üç orman gözetleme kulesine kurulmuş ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

Bildirinin sunum sırası şu şekildedir: geliştirilen yöntem ikinci bölümde izah edilmekte, üçüncü bölümde ise gerçekleştirilen deneylerin sonuçları sunulmaktadır.

2. Orman Yangını Tespit Yöntemi

Geliştirilen görünür ışıktaki çalışan sabit kamera tabanlı orman yangını tespit yöntemi, ormanlık araziden yangın esnasında yükselen dumanın diğer hareketli video nesnelere göre yavaş hareket ettiği gözlemine dayanmaktadır. Algoritma temel olarak kameranın görüş alanı içindeki yavaş hareket eden nesnelere tespitine dayanmaktadır. Bu amaçla kameradan gelen görüntülerden biri yavaş, diğeri daha hızlı güncellenen iki arkaplan resmi oluşturulur. Bu resimlerin karşılaştırılması neticesinde kameranın görüş alanı içindeki orman yangını dumanı tespit edilmektedir.

Arkaplan çıkarımı, resimde ilgilenilen nesnelere ayrıştırılması için, güvenlik uygulamalarında da yaygın olarak

kullanılan bir yöntemdir. Konuyla ilgili olarak yazında değişik birçok çalışma bulunmaktadır [2-7]. Örneğin, [3]'te bahsedilen arkaplan kestirimi yöntemi, her görüntü ögesine, bağımsız olarak basit bir sonsuz dürtü yanıtı süzgeç uygulanmasından ibarettir. Böylelikle arkaplan resmi güncellenmektedir. Bu arkaplan resmiyle, benzer şekilde güncellenen eşik değerleri, ayrı ayrı her görüntü ögesini önplan görüntü ögesi veya arkaplan görüntü ögesi olarak sınıflandırmak için kullanılmaktadır.

Videodaki durağan, parlaklık değerleri değişmeyen görüntü öğeleri, arkaplana ait olanlardır, çünkü arkaplan, videonun zaman açısından durağan olan kısmı olarak tanımlanabilir. Eğer kameranın görüntülediği alan bir süre kaydedilirse, tüm arkaplana ait görüntü öğeleri kestirilebilir. Bunun nedeni, kaydedilen videodaki hareketli bölgelerin ve nesnelerin, normal olarak resimlerin belli bir kısmını kapsamasındadır. Arkaplan kestirimi için en basit yöntem, eldeki tüm resimlerin ortalamasının alınmasıdır. Hareketli nesnelere resmin yalnızca bir bölümünü kapladığı için, bu bölgelerin arkaplan resmindeki etkileri ortalama sayesinde zamanla kaybolacaktır.

Arkaplan kestirimi için, [3]'te, özyinelemeli bir yordam öne sürülmüştür. $I_n(x,y)$ 'nin n . görüntüde, (x,y) konumundaki görüntü ögesine ait parlaklık değerini temsil ettiğini varsayalım. Şu halde, aynı konuma ait olarak kestirilen arkaplan parlaklık değeri, $B_{n+1}(x,y)$, her resim çerçevesi için aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$B_{n+1}(x,y) = \begin{cases} aB_n(x,y) + (1-a)I_n(x,y), & (x,y) \text{ hareketli değil} \\ B_n(x,y), & (x,y) \text{ hareketli} \end{cases} \quad (1)$$

Yukarıda geçen $B_n(x,y)$ ise, aynı konumdaki arkaplan görüntü ögesinin bir önceki parlaklık kestirim değeridir. Aynı denklemdeki a güncelleme parametresi ise bire yakın gerçek bir sayıdır. Yordamın başında, $B_0(x,y)$ arkaplan değeri, $I_0(x,y)$ ilk resim değerini alır.

Herhangi bir (x,y) konumundaki görüntü ögesi, eğer bu öğeye ait I_n ve I_{n-1} imlemlerindeki parlaklık değerleri aşağıdaki eşitsizliği sağlıyorsa, hareketli olarak kabul edilmektedir:

$$|I_n(x,y) - I_{n-1}(x,y)| > T_n(x,y) \quad (2)$$

Burda geçen $I_{n-1}(x,y)$, (x,y) konumundaki pikselin $(n-1)$. resimdeki parlaklık değeridir. $T_n(x,y)$ ise, (x,y) konumundaki görüntü ögesine ait, istatistiksel olarak önemli bir parlaklık değişimine karşılık gelen, eşik değeridir. Bu eşik değeri de, her görüntü ögesi için ayrı ayrı, özyinelemeli olarak şu şekilde güncellenmektedir:

$$T_{n+1}(x,y) = \begin{cases} aT_n(x,y) + (1-a)(c[I_n(x,y) - B_n(x,y)]), & (x,y) \text{ hareketli değil} \\ T_n(x,y), & (x,y) \text{ hareketli} \end{cases} \quad (3)$$

Bu denklemdeki “ c ” birden büyük, “ a ” güncelleme parametresi ise bire yakın bir gerçek sayıdır. Eşik değişkenlerinin ilk değerleri deneysel olarak belirlenen bir sayıya eşitlenmiştir.

Son denklemde görüldüğü gibi, “ c ” parametresi ne denli büyükse, eşik değerleri de o ölçüde büyük olmaktadır. Bu da hareket tespiti hassasiyetini o denli düşürmektedir.

Arkaplandan önemli ölçüde farklı olan bölgeler hareketli olarak kabul edilmiştir. Bu kabule göre, hareketli bölgeler, kestirilen arkaplanla mevcut andaki resim arasındaki farktan elde edilmiştir. Piksel bazında aşağıdaki eşitsizliği sağlayan tüm öğeler hareketli olarak tespit edilmiştir:

$$|I_n(x,y) - B_n(x,y)| > T_n(x,y) \quad (4)$$

Herhangi bir (x,y) konumundaki piksel (4)'ü sağladığı sürece hareketli nesne ögesi olarak belirlenmektedir.

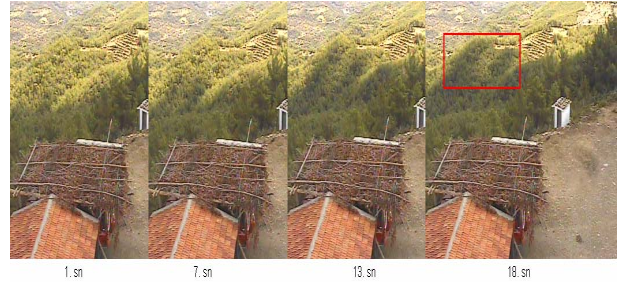
Orman yangınları neticesinde açığa çıkan duman, gözetleme kulesinde kurulu sabit kameradan izlenen alan içerisinde yavaş hareket eden nesne olarak sınıflandırılabilir. Bu sebeple, dumana ait pikseller (4) numaralı denklemi sağlamamaktadır. Dumanın tespiti için, (1)'deki denkleme benzer şekilde B_n arkaplan resminden daha yavaş güncellenen B'_n adlı bir başka arkaplan resmi oluşturulmaktadır. Arkaplan resmi B_n her yeni resim çerçevesinde güncellenirken, oluşturulan bu yeni arkaplan resmi her saniyede bir güncellenmektedir:

$$B'_n + 1(x,y) = \begin{cases} aB'_n(x,y) + (1-a)I_n(x,y), & (x,y) \text{ hareketli değil} \\ B'_n(x,y), & (x,y) \text{ hareketli} \end{cases} \quad (5)$$

Bu denklemde “ a ” parametresi şu şartı sağlamaktadır: $0 < a < a' < 1$. Böylelikle, kameranın görüş alanı içindeki araziye ait bir hızlı, bir de yavaş iki tane arkaplan resmi elde edilmektedir. Yavaş hareket duman bölgesine ait piksellerse şu eşitsizliği sağlamakta ve bu şekilde tespit edilmektedir:

$$|B'_n(x,y) - B_n(x,y)| > T'_n(x,y) \quad (6)$$

Bu şartları sağlayan pikseller kameranın görüş alanı içerisindeki “yavaş” hareket eden bölgeler olarak belirlenmektedir. Bu bölgeler olası duman bölgeleri olarak adlandırılabilir. Tipik bir orman gözetleme kulesinden yapılan çekimlerde gözlenebilecek yavaş hareket eden video nesnelere arasında gerçek bir orman yangınına ait dumandan farklı olarak örneğin bulutlar ve bulutların orman üzerindeki gölgeleri sayılabilir. Yavaş hareket eden bulut gölgelerine ait bir video Manavgat'taki bir gözetleme kulesinden çekilmiştir. Şekil-1'de görüldüğü gibi, 20 saniye içerisinde hareket halindeki bir bulut ya da bulut kümesine ait gölge ormanlık arazi üzerinde ilerlemektedir.



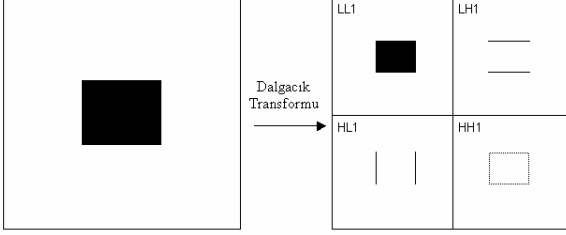
Şekil-1: Manavgat bölgesinde yer alan bir orman gözetleme kulesinden çekilen kayda ait video kareleri. Ormanlık arazi üzerinde ilerleyen bulut kümesinin gölgesi 18 saniye içerisinde arazinin önemli bir kısmını örtmüştür. Gölgenin bu hareketi (6)'daki şartı sağlamakta ve sistem tarafından duman olarak algılanmaktadır.

2.1. Dalgacık Domeni Analizi

Görünür ışıkta çalışan sabit bir kameradan gelen görüntülerdeki yavaş hareket eden video nesnelere ilişkin geliştirilen yöntem önceki bölümde sunulmuştur. Yalnız bu yöntemde dayalı olarak çalışan bir

sistem, Şekil-1'de görülen durumlarda yanlış alarm sebepleri olabilmektedir.

Orman yangını tespit yöntemini daha gürbüz hale getirmek amacıyla olası duman bölgelerinin doku yapıları dalgacık domeninde çözümlenmiştir. Bu amaçla öncelikle olası duman içeren video karelerinin parlaklık değerlerine ait tek seviyeli dalgacık dönüşümü katsayıları tam sayı aritmetiği kullanan bir süzgeç öbeğinden geçirilerek hesaplanmış, Şekil-2'de gösterilen, düşük-düşük (LL1), düşük-yüksek (LH1), yüksek-düşük (HL1) ve yüksek-yüksek (HH1) olmak üzere dört altbant resmi elde edilmiştir [15].



Şekil-2: Farklı hızlarda güncellenen arkaplanların karşılaştırılması sonucunda tespit edilen olası orman yangını dumanı bölgelerini içeren video karelerine ait tek seviye altbant resimleri, tam sayı aritmetiği kullanan bir süzgeç öbeğinden geçirilerek dalgacık domeninde çözümlenmiştir.

Geliştirilen doku (texture) analizi yöntemi, yüksek geçiren niteliğe sahip altbant resimlerdeki (LH1, HL1 ve HH1) enerji dağılımının belirlenmesine dayanmaktadır. Ağaçlık bölgelerdeki doku, duman bölgesi dokularına oranla çok daha pürüzlüdür. Bu da ağaçlık bölgelerin yüksek geçiren altbant resimlerindeki enerji dağılımının daha dağınık olmasına, böylelikle gerçek duman içeren bölgelere göre daha yüksek entropi değerlerine sahip olmasına sebep olmaktadır.

Video karesindeki yüksek sıklık enerjisi, "w" adı verilen bir bileşik resimde tutulmaktadır. Orijinal video karesinden elde edilen yüksek geçiren altbant resimlerindeki (x,y) konumlarında yer alan dalgacık katsayılarının mutlak değerleri toplanarak aynı konuma karşılık gelen "w" bileşik enerji değeri hesaplanmaktadır:

$$w(x,y) = |LH1(x,y)| + |HL1(x,y)| + |HH1(x,y)| \quad (7)$$

Arkaplanların karşılaştırılması neticesinde elde edilen olası duman bölgelerinin doku yapıları, ilgili bölgelere karşılık gelen "w" bileşik resimindeki bölgelerin normalize entropilerinin, "Eⁿ", kestirilmesiyle tayin edilmektedir.

Olası duman bölgelerinin dalgacık domeni enerjilerine ait normalize entropilerinin kestirilmesi için "h=32" seviyeli histogramlar kullanılmıştır:

$$E_{R=w}^n = -\frac{1}{N(R)} \sum_h p_i \log(p_i) \quad (8)$$

Bu denklemde geçen "p_i", "w" bileşik resmi içerisinde N(R) sayısının piksel içeren olası duman bölgesine karşılık gelen "R" bölgesinden elde edilen 32 seviyeli h histogramındaki i seviyesine ait değeri göstermektedir.

Normalize histogram değeri deneysel olarak belirlenen T_e eşik değerinin altında kalan bölgeler, daha az pürüzlü dokulara sahip oldukları için duman olarak belirlenmektedir.

3. Deneysel Sonuçlar

Geliştirilen yöntem C++ programlama dilinde kodlanmış ve bu yazılım Antalya'da yer alan Orman Genel Müdürlüğü'ne (OGM) bağlı üç adet orman gözetleme kulesindeki kişisel bilgisayarlara kurulmuştur. Bu kulelerde 2007 yaz mevsimi boyunca 7/24 kayıtlar alınmış ve kurulan kameralı gözetleme ve yangın tespit sistemi test edilmiştir.

Yöntemle, havanın açık olduğu bir günde kuleye 10 km mesafede çıkan bir duman, dumanın görünür olmasına bağlı olarak, 10 – 40 saniye içinde tespit edilebilmiştir. Yapılan testler neticesinde yöntemin havanın açık olduğu günlerde, gün içerisinde, saatte ortalama 0,2 yanlış negatif alarm ürettiği tespit edilmiştir. Bu yanlış alarmlar özellikle ormanlık arazi dokusunun duman gibi pürüzsüz olduğu mevkilerdeki bulut gölgesi hareketlerinden kaynaklanmaktadır. Ancak bu alarmlar gözetleme kulelerindeki görevlilerin uyarılması açısından OGM yetkililerince olumlu karşılanmaktadır. Yöntem Manavgat'ta çıkan bir yangını tespit etmiş, çıkarılan test yangınlarını da eksiksiz tespit etmiştir. Bu haliyle yöntemin yanlış pozitif alarm oranı sıfırdır.

Sistem tarafından, görünür olduktan 10 saniye sonra tespit edilen dumana ait video karesi Şekil-3'te sunulmaktadır.

4. Sonuç

Bu bildiriye, orman yangını gözetleme kulelerinde kurulmak üzere geliştirilen, bilgisayarla görü tabanlı bir orman yangını tespit yöntemi sunulmaktadır. Önerilen yöntem, farklı hızlarda güncellenen arkaplan resimlerinin dalgacık domeninde analizi esasına dayanmaktadır. Halen, orman yangını tespit süresi ortalama olarak 5 dakika civarındadır. Geliştirilen yöntemle bu süre 1 dakikanın altına indirilmiştir. Sistem Antalya Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı 3 orman gözetleme kulesine kurulmuş ve 2007 yılı yaz ayları boyunca 7/24 video kayıtları alınmıştır. Bu kayıtlarla yapılan testlere göre geliştirilen yöntemin yanlış negatif alarm oranı, açık bir yaz gününde saatte ortalama 0,2 olarak belirlenmiştir. Yöntemin yanlış pozitif oranı sıfırdır. Bu haliyle yöntem, orman gözetleme kulelerinde görevlilere yardımcı olmak üzere kurulabilecek kameralı sistemlerde kullanılabilir.



Şekil-3: Kuleye 8,5 km mesafede çıkan bir duman. Yöntem tarafından 10 saniye içinde başarıyla tespit edilmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 106G126, 105E121 ve AT FP6-507752 (MUSCLE-NoE) projeleri tarafından desteklenmektedir. Yazarlar, araştırma boyunca verdikleri kesintisiz destekten dolayı Orman Genel Müdürlüğü yetkililerine teşekkürü bir borç bilir.

6. Kaynakça

- [1] Y.S.Sahin, "Animals as Mobile Biological Sensors for Forest Fire Detection", *Sensors* 2007, 7, 3084-3099.
- [2] G.L. Foresti, P. Mahonen, C.S. Regazzoni, *Multimedia Video-Based Surveillance Systems: Requirements, Issues and Solutions*, Kluwer, 2000.
- [3] R.T. Collins, A.J. Lipton, T. Kanade, H. Fujiyoshi, D. Duggins, Y. Tsin, D. Tolliver, N. Enomoto, O. Hasegawa, P. Burt, L. Wixson "A System for Video Surveillance and Monitoring: VSAM Final Report" Tech. Report CMU-RI-TR-00- 12, Carnegie Mellon University, May 2000.
- [4] I.B. Ozer, W. Wolf, "A Hierarchical Human Detection System in (Un)Compressed Domains", *IEEE Transactions on Multimedia*, pp. 283-300, June 2002.
- [5] I. Haritaoglu, D. Harwood, and L. Davis, "W4: Who, When, Where, What: A Real Time System for Detecting and Tracking People", *Third Face and Gesture Recognition Conference*, pp. 222-227, April 1998.
- [6] M. Bağci, Y. Yardimci and A.E. Cetin, "Moving Object Detection Using Adaptive Subband Decomposition and Fractional Lower Order Statistics in Video Sequences", *Elsevier, Signal Processing*, pp. 1941-1947, December 2002.
- [7] B. Uğur Töreyn, A. Enis Çetin, Anıl Aksay, M. Bilgay Akhan, "Dalgacık Dönüşümüyle Sıkıştırılmış Videoda Hareketli Bölge Tespiti", *IEEE 12. Sinyal İşleme ve İletişim Uyg. Kur.*, SIU-2004 s: 676-679, Kuşadası, 2004.
- [8] B. Ugur Toreyin, Yigithan Dedeoglu, A. Enis Cetin, "Videoda gercek zamanda duman ve alev tespiti", *IEEE 13. Sinyal İşleme ve İletişim Uyg. Kur.*, SIU-2005, Kayseri, 2005.

- [9] B. Ugur Toreyin, Yigithan Dedeoglu, A. Enis Cetin, "Wavelet Based Real-Time Smoke Detection in Video", *13th European Signal Processing Conference EUSIPCO 2005*, Antalya, Turkey.
- [10] B. Ugur Toreyin, Yigithan Dedeoglu, Ugur Gudukbay, A. Enis Cetin, "Computer Vision Based System for Real-time Fire and Flame Detection", *Pattern Recognition Letters*, 27 (2006) 49-58.
- [11] B. Ugur Toreyin, R. Gokberk Cinbis, Yigithan Dedeoglu, A. Enis Cetin, "Fire Detection in Infrared Video Using Wavelet Analysis", *SPIE Optical Engineering*, vol 46, June 2007.
- [12] P. Guillemant and J. Vicente, "Real-time identification of smoke images by clustering motions on a fractal curve with a temporal embedding method," *Optical Engineering*, vol. 40(4), pp. 554-563, 2001.
- [13] F. Lafarge, X. Descombes, J. Zeruda, S. Mathieu, "Détection de feux de forêt par analyse statistique d'événements rares à partir d'images infrarouges thermiques", *Traitement du Signal*, vol. 23, no. 4, 2006.
- [14] B.C.Arrue, A.Ollero, J.R.Martinez de Dios, "An Intelligent System for False Alarm Reduction in Infrared Forest-Fire Detection", *IEEE Intelligent Systems*, pp. 64-73, May/June 2000.
- [15] Kim, C.W., Ansari, R., Cetin, A.E.: A class of linear-phase regular biorthogonal wavelets. In *Proc. of IEEE ICASSP'92* (1992) 673-676.