

Arşiv Filmlerinde Kir Etkisinin Onarımı

Blotch Removal for Archive Films

M. Kemal GÜLLÜ, Oğuzhan URHAN, H. Cem KEFELİ, Sarp ERTÜRK

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, 41040, İzmit, Kocaeli
{kemalg, urhano}@kou.edu.tr cemkefeli@gmail.com sertur@kou.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada, arşiv filmlerindeki kir etkisinin onarımı için yerel hareket dengelemesi kullanan iki aşamalı S-ROD algılayıcısı ile kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli doldurma yöntemleri önerilmektedir. Algılama için önerilen yöntemde öncelikle düşük eşikli S-ROD ile ön algılama yapılmaktadır. Elde edilen kir adayları üzerinden piksel temelli hareket dengelemesi yapılarak ikinci bir S-ROD uygulanmaktadır. Algılanan kir bölgelerinin doldurulması için öncelikli olarak kenar bölgelerini dolduran, piksel temelli, zama-uzamsal bir yöntem geliştirilmiştir. Nesnel ve görsel algılama ve doldurma sonuçları, önerilen yöntemlerin yüksek başarımlı olduğunu göstermektedir.

Abstract

In this paper, a new two stage S-ROD detection scheme that takes local motion compensation into account and a novel pixel based correction method that determines the new values of the blotched pixels from spatio-temporal correlation considering edge priority are proposed. For the blotch detection process, initially a pre-detection is done using S-ROD with a low detection threshold. Secondly, S-ROD detection that employs pixel based motion compensation is utilized over the pre-detected blotch candidates. The new values of the blotched pixels that are detected using the two stages S-ROD are determined from spatio-temporal correlation considering edge priority. Objective and visual detection and correction results show that the proposed techniques provide high performance.

1. Giriş

Arşiv videolarının onarımı görsel kalitenin artırımını amaçlamakla birlikte, sıkıştırma verimliliğini de arttırarak videoların sayısal ortamlarda daha verimli saklanması ve iletilmesini sağlamaktadır. Video onarım sistemleri genel hatlarıyla sahne geçişlerinin ayırt edilmesi ve videoların sahnelere ayrılması, kırpışma giderimi, kir ve çizgilerin kaldırılması, gürültü giderme ve video stabilizasyonu konularını kapsamaktadır.

Arşiv videolarındaki kir etkisi, film yüzeyini kaplayan jelatindeki kayıplar/bozulmalardan veya toz ve saç teli gibi maddelerin film yüzeyine yapışmasından kaynaklanmaktadır. Kir bozulması, yapısı gereği dürtüsel gürültü özelliği göstermektedir ve ardışık çerçevelerde aynı konumda bulunma olasılığı çok düşüktür. Etkili olduğu bölgede orjinal piksel değerlerinin tamamen ya da büyük ölçüde (yarı saydam etki) kaybolmasına neden olmaktadır. Genellikle açık ya da koyu tonlarda olmakla birlikte, bazen ara tonlarda kir etkisi de

görülebilir. Boyutları birkaç pikselden başlamakla birlikte, nadiren de olsa imge çerçevesinin önemli bir kısmını kaplayacak boyutlarda da görülebilme ve şekilleri belli bir düzen içermemektedir.

Kir bozulmasının onarımı, kir algılama ve kir doldurma olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Kir etkisinin algılanması için geliştirilen yöntemler genellikle zamansal süreksizliği yakalama temeline dayanmaktadır [1-4]. [1]'de önerilen SDIa (Spike Detection Index-a)'da bütünsel hareket dengelemesi yapılmış ardışık 3 çerçeve için piksel temelli farklara bakılmakta ve önceden belirlenmiş bir eşik üzerinde fark oluşması durumunda ilgili piksel kir olarak nitelendirilmektedir. Yine aynı çalışmada model temelli AR (Auto-Regressive) ve MRF (Markov Random Field) yöntemleri önerilmiştir. AR yaklaşımı, düşük ışıklılık farkı oluşturan kirleri kaçırmakla birlikte, işlem yükü oldukça fazla olan bir yöntemdir. MRF yaklaşımı ise SDIa algılayıcısından daha iyi algılama performansı vermesine karşın, bu yöntemin de işlem yükü çok fazladır. [2]'de önerilen ROD (Rank Ordered Difference) yöntemi ise ardışık 3 imge çerçevesi kullanarak, ilgili pikselin değerinin komşu çerçevelerdeki pikseller ile ilişkisini bulmaya çalışmakta ve bu ilişkinin önceden tanımlanmış eşik değerlerinden yüksek olduğu pikseller için kir kararı verilmektedir. ROD algılama yönteminde 3 ayrı eşik gerek duyulmasından dolayı, 1 eşik kullanarak algılama yapan basitleştirilmiş ROD (S-ROD) yöntemi [3]'de önerilmiştir. Önerilen yöntem hızlı ve etkin bir şekilde kir bölgelerini algılamaktadır. Buna rağmen yöntemdeki hatalı algılamaların azaltılması gerekmektedir. [4]'de önerilen yöntem temelde SDI-a algılayıcısı sonuçlarına iki farklı son işlem yapılarak özellikle kenar bölgelerinde ortaya çıkan fazladan algılamaların üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır. Bu yöntem, az da olsa hatalı algılamaların önüne geçebilmiştir.

Literatürde, kir bölgelerinin doldurulmasına yönelik çeşitli uzamsal ve zaman-uzamsal yöntemler bulunmaktadır. Tespit edilen kir bölgeleri için kayıp piksel değerlerinin zaman-uzamsal ortanca süzgeç gruplarına bağlı olarak hesaplandığı çok katmanlı ortanca süzgeç (multi-stage median filter-MMF) [5]'de önerilmiştir. Bu yöntem kir bölgelerinin doldurulması için kullanılan en temel yöntemlerden birisidir fakat doldurma sonuçları bazen tutarlı değildir. [6]'da, bilgisayarla görü uygulamalarında kullanıma yönelik doku sentezleme (texture synthesis) yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem, dokuyu Markov rastgele alanı (Markov Random Field-MRF) olarak modellemekte ve karesel fark eşleme kriterine bağlı olarak doldurulacak piksel değerini imge içerisinde bulmaktadır. [7]'deki yöntemde imgelerdeki kayıp blokların doldurulması için uzun erimli ilinti yöntemi önerilmiştir. İmge uzayında blok temelli çalışan yöntem temel olarak, kayıp blok

etrafındaki belirli bölgeyi alarak, bu bölge ile karşılaştırılacak bölge arasında MSE kriterini en düşük verecek şekilde bir ışıklılık dönüşümü yapmakta, daha sonra en küçük hata değerini veren bölgenin iç kısmını bozuk bölgeye kopyalamaktadır. Doldurma sırasında kenar bilgilerine öncelik veren imge temelli içini doldurma (inpainting) yöntemi [8]'de önerilmiştir. Bu yöntem genellikle imgelerde nesne yok etme için kullanılmaktadır ve doldurma işlemini blok temelli gerçekleştirmektedir.

Bu çalışmada, kir bölgelerinin algılanması için yerel hareket dengelemesi kullanan iki aşamalı S-ROD algılayıcısı önerilmektedir. Algılanan kir bölgelerinin doldurulması aşamasında, [8]'deki çalışmaya benzer şekilde kenar bölgelerine öncelik veren, piksel temelli zaman-uzamsal doldurma yöntemi geliştirilmiştir.

2. Kir Etkisinin Algılanması

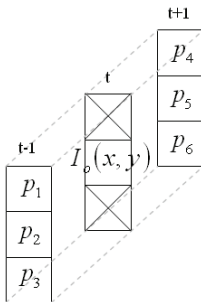
Kir etkisi bulunan bir imge çerçevesi I_d

$$I_d(x, y) = [1 - b(x, y)] \times I_o(x, y) + b(x, y) \times C(x, y) \quad (1)$$

şeklinde modellenilebilir. Bu eşitlikte I_o , sağlam imge çerçevesini; $C(x, y)$, bozuk pikselin genlik değerini; $b(x, y)$ ise ilgili pikselin kir olup olmadığını gösteren değişkendir. Burada $b(x, y)=1$ olması durumunda ilgili pikselin kir etkisine maruz kaldığı, $b(x, y)=0$ olması durumunda ilgili pikselin sağlam olduğu görülmektedir. Burada b maskesinin bulunması algılama işlemi ile yapılmaktadır. Algılama için önerilen yöntemde öncelikle düşük eşikli S-ROD kullanılarak ön algılama yapılmaktadır. Elde edilen kir adayları üzerinden piksel temelli hareket dengelemesi yapılarak ikinci bir S-ROD uygulanmaktadır.

2.1. S-ROD

[3]'de önerilen SROD yöntemi, [2]'de önerilen ROD yönteminin basitleştirilmiş şeklidir. S-ROD yöntemi bir pikselin kir bölgesine ait olup olmadığına karar vermek için ilgili pikselin öncesindeki ve sonrasındaki çerçevelerdeki izdüşümlerinden üçer piksel kullanılmaktadır. Şekil 1'de, algılama işleminde kullanılan pikseller görülmektedir.



Şekil 1: ROD algılama yönteminde kullanılan pikseller.

$I_d(x, y, t)$ pikselinin kir olup olmadığına kararı, ilgili pikselin önceki ve sonraki çerçevelerde belirtilen piksellerin ($P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6\}$) en küçük veya en büyük değere sahip piksel değeri ile yaptığı fark eşiklenerek verilir.

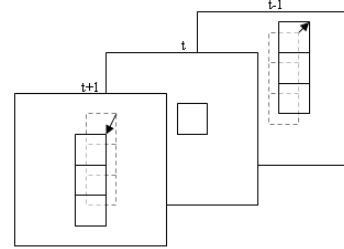
$$d(x, y, t) = \begin{cases} \min(P) - I_d(x, y, t) & , \min(P) - I_d(x, y, t) > 0 \\ I_d(x, y, t) - \max(P) & , I_d(x, y, t) - \max(P) > 0 \\ 0 & , \text{diger} \end{cases} \quad (2)$$

$$b(x, y, t) = \begin{cases} 1 & , d(x, y, t) > T \\ 0 & , \text{diger} \end{cases}$$

Burada d , ilgili pikselin P 'ye olan uzaklığını; T , fark eşikini; b , S-ROD ile elde edilen kir maskesini göstermektedir.

2.2. İki Aşamalı S-ROD

S-ROD yönteminin düşük eşik değerlerinde yerel hareket ve tam olarak karşılanamayan bütünsel hareketten kaynaklanan hatalı algılamalarının azaltılması için, düşük eşikli S-ROD ile algılanan pikseller üzerinden piksel temelli yerel hareket dengelemesi kullanılarak ikinci bir S-ROD algılamasının yapılması önerilmektedir. Ön algılanan piksel etrafında alınan blok önceki ve sonraki çerçevelerde MAD ölçütü kullanılarak aranmakta ve P kümesini oluşturacak en uygun pikseller bulunmaktadır. Yöntemin işleyişi Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2: Hareket karşılanmış S-ROD'da kullanılan pikseller.

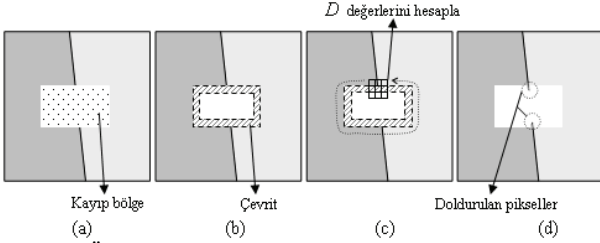
3. Kir Etkisinin Doldurulması

Arşiv videolarında algılanan kir etkisinin doldurulması için sadece uzamsal bilgiyi kullanmak yerine, zaman-uzamsal bilgi kullanılarak daha etkin doldurma başarımı sağlanabilmektedir. Bu nedenle, [7]'de önerilen ışıklılık dönüşümü temelli kayıp blok doldurma yöntemi temel alınarak zaman-uzamsal bir onarım tekniği geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem piksel temelli doldurma yapmaktadır. Bozuk piksellerin yeni değerlerini bulurken [8]'de önerilen çalışmaya benzer bir yaklaşımla kenar bölgelerine öncelik verilmektedir.

3.1. Doldurulacak Pikseller İçin Öncelik Belirleme

Kir bölgelerinin doldurulması için sabit sıralı doldurma yerine, [6]'daki çalışmada da temel olarak kullanılan bir çevrit (contour) temelli doldurma yaklaşımı benimsenmiştir. İmge çerçevesinin tamamında bulunan kir bölgelerinin çevritleri çıkartılarak, bulunan çevritlerdeki her bir piksel için bir doldurma öncelik değeri ($D(x, y)$) çıkartılmaktadır. Bu değer, ilgili pikseli çevreleyen 8 piksel içerisinde kir etkisi göstermeyen piksellerden değeri en büyük ve en küçük olanların arasındaki fark olarak belirlenmektedir. Kenar bölgelerinde bu fark değeri yüksek olacağından, öncelikle bu bölgelerin doldurulması sağlanmış olacaktır. Daha sonra, çevritlerdeki pikseller doldurma önceliğine göre büyüktürküçüğe sıralanmakta ve ilk aşamada en büyük değer ve bu değer T_d değeri kadar altındaki öncelikli olan pikseller

sırasıyla doldurulmaktadır. Bu işlem tamamlandıktan sonra algılama maskesinde yeni çevritler bulunmakta ve yukarıdaki işlemler tekrarlanmaktadır. Bu işlem, bütün kir bölgeleri doldurulana kadar devam etmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, doldurulan piksel(ler)in sonraki iterasyonlarda sağlam piksel(ler) olarak ele alındığıdır. Şekil 3’de, önerilen öncelik belirleme temelli doldurma yönteminin işleyişinin grafik gösterimi verilmektedir.

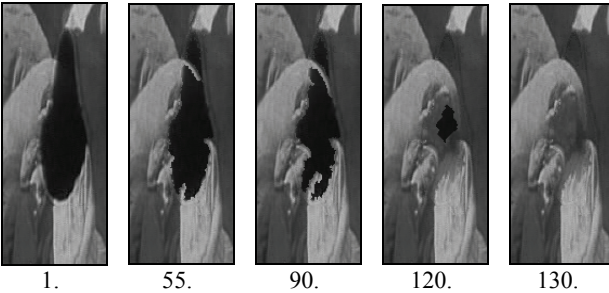


Şekil 3: Öncelikli doldurma işleminin grafiksel gösterimi: a) Orjinal yapı ve bozuk bölge, b) bozuk bölgenin çevriti, c) bulunan çevritteki her bir piksel için sıra ile doldurma öncelik değerlerinin hesaplanması, d) bulunan öncelikli piksellerin doldurulması.

Her bir çevrit pikseli için doldurma öncelik değeri $D(x, y)$, aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte M kayıp piksel maskesini belirtmektedir.

$$D(x, y) = \max(I_d(x+i, y+j)) - \min(I_d(x+i, y+j)) \quad (3)$$

$$i, j = -1, 0, 1, \quad \forall I_d(x+i, y+j) \notin M$$



Şekil 4: Farklı iterasyon değerleri için doldurma sonuçları.

3.2. Uyumlama İşlemi

Uyumlama ölçütü olarak [9]’daki çalışmada da kullanılan, [8]’de önerilen yöntemle benzer, ışıklılık dönüşümü kullanan ortalama karesel hata ölçütü kullanılmaktadır. Uyumlama işleminin akışı aşağıda verilmektedir.

1. Doldurulacak piksel etrafında $M \times M$ boyutlarında karesel bir yerel blok al (local window- l).
2. Işıklılık dönüşümü yapıldığında, önceki ve sonraki çerçevelerdeki arama pencereleri içerisinde bütün olası arama noktalarını test ederek en iyi eşleşen uzak pencereyi (remote window- r) bul. Bu arada, yerel ve uzak blokların içerisinde kir olarak algılanmış pikselleri arama ölçütü hesaplanırken kullanma. Ayrıca, merkez pikseli bozuk olan uzak bloklar için de arama işlemi yapma.
3. Işıklılık dönüşümü yapılmış en iyi eşleşen uzak bloğun merkezindeki pikseli doldurulacak pikselin yerine koy.

Işıklılık dönüşümü temelli eşleme ölçütü (4)’de verilen şekilde hesaplanmaktadır.

$$MSE = \frac{1}{P_u} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M [1 - m^r(i, j)] \times [1 - m^l(i, j)] \times [I(i, j) - v(r(i, j))] \quad (4)$$

$$P_u = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M [1 - m^r(i, j)] \times [1 - m^l(i, j)]$$

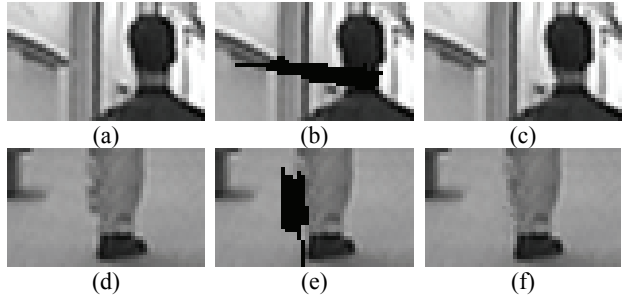
Eşlemede kullanılan 1. dereceden ışıklılık dönüşümü aşağıda verilmektedir.

$$v(r(i, j)) = \alpha_0 + \alpha_1 \times r(i, j) \quad , \quad \begin{aligned} \frac{\partial MSE}{\partial \alpha_0} &= 0 \\ \frac{\partial MSE}{\partial \alpha_1} &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Doldurulacak pikselin değeri ($I'_o(i, j)$), önceki veya sonraki çerçeveden bulunan en iyi eşleşen bloğun aşağıda verildiği gibi ışıklılık dönüşümü yapılmış merkez piksel değeri olarak belirlenir.

$$I'_o(i, j) = v \left(r_{bm} \left(\frac{M+1}{2}, \frac{M+1}{2} \right) \right) \quad , \quad M : \text{tek sayı} \quad (6)$$

Şekil 5’de, yapay kir eklenmiş ‘‘Hall Monitor’’ görüntü dizisinin 55. çerçevesi için örnek doldurma sonuçları verilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, yerel hareketin olduğu bölgelerdeki kir etkileri bile etkin şekilde doldurulabilmektedir.



Şekil 5: a-d) orjinal imge kesitleri, b-e) yapay kir eklenmiş imge kesitleri, c-f) kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli doldurma yöntemi ile doldurulan imge parçaları.



Şekil 6: Renkli imgeler için doldurma sonuçları

4. Renkli Videolarda Kir Etkisi

Önerilen yöntem renkli arşiv filmlerinde karşılaşılan kir etkilerinin algılanması ve doldurulması için de kullanılabilir.

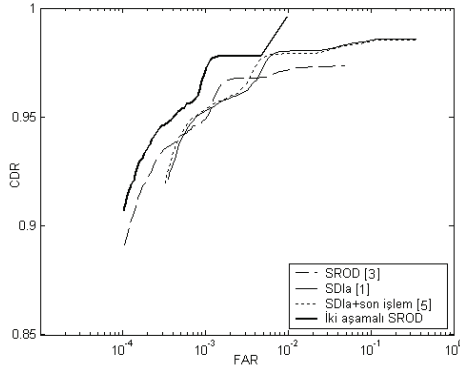
Algılama sırasında ve doldurulacak piksele karar verilirken doğrudan ışıklılık (Y) bileşeni kullanılabilir. Doldurma aşamasında ise karar verilen pikselin bütün renk bileşenleri kullanılır. Örnek bir renkli kir ve doldurma sonucu Şekil 6'da verilmektedir.

5. Deneysel Sonuçlar

Kir algılama yöntemlerinin performanslarını karşılaştırmak üzere nesnel bir ölçüt olan ROC (Receiver Operator Characteristics) yaygın olarak kullanılmaktadır. ROC, bir parametrenin bütün olası değerleri için doğru algılama oranının (Correct Detection Rate-CDR), hatalı algılama oranına (False Alarm Rate-FAR) bağlı değişimini gösteren bir grafikdir. CDR ve FAR aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$CDR = \frac{N_c}{N_c + N_m}, \quad FAR = \frac{N_f}{w \times h} \quad (7)$$

Bu eşitliklerde N_c , N_m ve N_f sırası ile doğru algılanan, yakalanamayan ve hatalı algılanan piksel sayısını gösterirken, w ve h imge çerçevesinin piksel boyutunu göstermektedir. İki aşamalı S-ROD algılama yönteminin ROC grafiği çıkartılırken ikinci aşamanın eşik değeri sabit (T_2) tutulup, ön algılama eşiği (T_1) değiştirilmiştir. Yapay kir eklenmiş "Silent" dizisi için elde edilen ROC grafiği Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 7: İki aşamalı S-ROD yönteminin ROC başarımı.

Şekilden de görüldüğü gibi, önerilen hareket karşılanmış iki aşamalı SROD yöntemi, karşılaştırmada kullanılan diğer yöntemlerden daha iyi performans göstermektedir. Dikkat edilirse önerilen yöntem için hatalı algılama oranı %1'in üzerine çıkmamakta ve aynı hatalı algılama oranları için diğer yöntemlere göre daha yüksek doğru algılama oranları yakalanmaktadır.

Kir bölgelerinin doldurulması için önerilen kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli doldurma yönteminin nesnel başarımının değerlendirilmesi için, yapay kir eklenmiş "Silent" ve "Hall Monitor" test görüntü dizileri için PSNR ve MAD ölçütleri çıkartılmıştır (Bkz. Tablo 1).

Tablo 1: Kırpışma etkisinin giderilmesinin sıkıştırma performansına etkisi.

	"Silent"		"Hall Monitor"	
	MMF [6]	Önerilen	MMF [6]	Önerilen
PSNR	51.27	68.85	58.68	63.48
MAD	0.053	0.010	0.015	0.0090

Sonuçlardan görüldüğü gibi önerilen doldurma yöntemi, karşılaştırma yapılan diğer yöntemlere göre çok daha iyi sonuçlar vermektedir.

6. Sonuç

Bu çalışmada, arşiv filmlerindeki kir etkisinin onarımına yönelik yüksek başarımlı çalışan algılama ve doldurma yöntemleri önerilmektedir. Algılama için önerilen yöntemde öncelikle düşük eşikli S-ROD kullanılarak ön algılama yapılmaktadır. Elde edilen kir adayları üzerinden, yerel ve bütünsel hareketten kaynaklanan fazladan algılamaların azaltılması için piksel temelli hareket dengelemesi yapılarak ikinci bir S-ROD uygulanmaktadır. Algılanan kir bölgelerinin doldurulması için, zaman-uzamsal çalışan, kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli doldurma yöntemi geliştirilmiştir. Algılama ve doldurma için önerilen yöntemler nesnel olarak karşılaştırılan yöntemlere göre daha yüksek başarımlı vermektedir, görsel olarak elde edilen onarım sonuçları da bu başarımlı desteklemektedir.

7. Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, TÜBİTAK tarafından EEEAG103E007 nolu araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir.

8. Kaynakça

- [1] Kokaram, A., Morris, R., Fitzgerald, W., and Rayner P., "Detection of Missing Data in Image Sequences," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 4, No. 11, pp. 1496-1508, 1995.
- [2] Nadenau, M. J., and Mitra, S. K., "Blotch and Scratch Detection in Image Sequences Based on Rank Ordered Differences," *Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition*, pp. 27-35, 1997.
- [3] Roosmalen, P. M. B., Legendijk, R. L., and Biemond, J., "Improved Blotch Detection by Postprocessing," *IEEE Int. Conf. On Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, pp. 3001-3004, 1999.
- [4] Ghaderi, M., and Kasaei, S., "Novel Post-Processing Methods used in Detection of Blotches in Image Sequences," *AEÜ Int. J. Electron. Commun.*, Vol. 58, pp. 58-64, 2004.
- [5] Kokaram, A., Morris, R., Fitzgerald, W., and Rayner, P., "Interpolation of Missing Data in Image Sequences," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 4, No. 11, pp. 1509-1519, 1995.
- [6] Efros, A.A., and Leung, T. K., "Texture Synthesis by Non-parametric Sampling," *IEEE Int. Conf. on Computer Vision (ICCV)*, Vol. 2, pp. 1033-1038, 1999.
- [7] Zhang, D., and Wang, Z., "Image Information Restoration Based on Long-Range Correlation," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 12, No. 5, pp. 331-341, 2002.
- [8] Criminisi, A., Perez, P., and Toyama, K., "Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 13, No. 9, pp.1200-1212, 2004.
- [9] Güllü, M. K., Urhan, O., and Ertürk, S., "Blotch Detection and Removal for Archive Video Restoration," *Lecture Notes in Computer Science-LNCS, Springer-Verlag Heidelberg*, LNCS 3733, pp. 739-747, 2005.