

# Blok-Bazlı Hareket Tahmini İçin Gray-Kodlanmış İmgelerin Bit-Uzayı Uyumlaması

Oğuzhan URHAN  
Kocaeli Üniversitesi  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Böl.  
41040 İzmit, Kocaeli  
[urhano@kou.edu.tr](mailto:urhano@kou.edu.tr)

Sarp ERTÜRK  
Kocaeli Üniversitesi  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Böl.  
41040 İzmit, Kocaeli  
[sertur@kou.edu.tr](mailto:sertur@kou.edu.tr)

## Özetçe

Hareket tahmini, çerçeveler arası zamansal artıklıkların giderilerek yüksek oranda bir sıkıştırma sağlanabilmesi bakımından dijital video kodlama sistemlerinde önemli bir rol oynamaktadır. İmgeleri bloklara bölerek her blok için bir hareket vektörü hesaplayan Blok-uyumlaması (block-matching, BM) bazlı hareket tahmin yöntemleri MPEG (Motion Picture Expert Group), ATSC (Advanced Television Standard Committee), DVB (Digital Video Broadcasting) ve ITU (International Telecommunications Union) gibi uluslararası kuruluşlar tarafından video kodlama sistemlerinde hareket tahmini standardı olarak kabul edilmiştir. Blok-uyumlaması yönteminin yüksek hesap yükünün azaltılması için bu alanda yoğun bilimsel araştırmalar devam etmektedir. Bu çalışmada global-hareket tahmini için önerilmiş Gray-kodlanmış imgelerin bit-uzayı uyumlaması yöntemi blok-bazlı hareket tahminine uyarlanarak, hareket tahmin doğruluğunun en düşük mutlak fark kriteri kullanan tam arama yöntemi ile karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

## 1. Giriş

Blok-uyumlaması bazlı hareket tahmini mevcut çerçeveyi belirli boyutlardaki bloklara ayırdıktan sonra bir önceki çerçevede belirlenen bir arama bölgesindeki en iyi uyumu veren bloğu bularak mevcut çerçevedeki blok için bir önceki çerçeveden bir tahmin yaratmaktadır. Yapılan tahmin yeteri kadar iyi ise, hareket tahmin vektörüne ek olarak mevcut bloktan tahmin bloğunun farkı alınarak elde edilen kalıntının düşük bit-oranı ile kodlanması sonucu yüksek bir sıkıştırma oranı sağlanmaktadır.

En iyi sonucu veren blok-uyumlaması hareket tahmin yöntemi en düşük mutlak fark (minimum absolute difference, MAD) kriterini kullanıp tam-arama (full search,FS) gerçekleştirerek en uygun bloğu belirleyen tekniktir. Bu yöntem belirlenen arama penceresi dahilindeki bütün ihtimalleri tek tek tarayarak, pikseller arasındaki mutlak farka göre en düşük mutlak farkın elde edildiği konumu hareket vektörü olarak atamaktadır. Fakat yüksek miktarda tarama gereksinimi ve piksellerin farkının alınırken yapılan çok sayıdaki hesaplama nedeniyle bu yöntemin hesap yükü çok fazladır.

Bu nedenle hesap yükünü azaltmak için daha seyrek bir tarama düzeni kullanan çeşitli yöntemler önerilmiştir. Üç-adımlı arama (three-step search,3SS), iki-boyutlu logaritmik arama (2D-logarithmic search), baklava-biçimli arama (diamond search), çapraz-arama (cross-search) gibi yöntemler uyumlamanın yapıldığı konum miktarını azaltarak hesap yükünün düşürülmesini sağlamaktadır [1]. Fakat hesap yükünü

azaltılması beraber sadece belirli noktalardaki uyum hesaplandığı için en iyi uyumun sağlanacağı nokta tarama konumları dışında olabileceği için hareket tahmin doğruluğu da azalmaktadır.

Piksel değerleri arası mutlak farkın hesaplanması sonucu oluşan yüksek hesap yükünün azaltılması için farklı uyumlama tekniklerinin kullanılması önerilmiştir. Tek-Bit dönüşümü uyumlaması (One-bit transform matching, 1BTM), imgeleri filtreleyerek ikili (binary) şekle dönüştürmekte ve binary imgelerdeki piksellerin ex-or'lanması sonucu bir uyumlama hesabı gerçekleştirmektedir [2]. Ex-or'lu uyumlamanın hareket tahmin doğruluğunda bir azalmaya neden olduğu tespit edilerek, ek bölgesel taramalar ile de hareket tahmin doğruluğunun artırılması sağlanmıştır. İmgelerin Gray-kodlanarak bit-uzaylarına ayrılması ve bit-uzaylarının ex-or uyumlaması sonucu global hareket tahmini yapılması önerilmiştir [3]. Bu çalışmada Gray-kodlanmış imgelerin bit-uzayı ex-or uyumlaması yönteminin blok-bazlı hareket tahminine uyarlanarak, hareket tahmin doğruluğunun belirlenmesi amaçlanmaktadır.

İmgelerin tüm pikselleri gray-kodlandıktan sonra, tam-arama yöntemi ile blok-bazlı hareket tahmini yapılarak bit-uzaylarının ex-or uyumlaması ile hareket vektörleri elde edilmektedir. Elde edilen hareket vektörlerinin tam-arama ve minimum mutlak fark ile elde edilen hareket vektörlerine mesafesi belirlenerek hareket vektörlerin doğruluğu ölçülmektedir. Gray-kodlama ile hareket uyumlaması ex-or işlemleri kullanılarak gerçekleştirildiği için hareket tahmin sistemi hızlı ve VLSI tasarıma uygundur.

## 2. Gray-Kodlanmış Bit-Uzayları

Bir imge dizisindeki t. çerçevenin (x,y) konumunda bulunan piksel,  $2^K$  seviyede gri tonlama ile (1) 'deki gibi ifade edilebilir.

$$f^t(x,y) = a_{K-1}2^{K-1} + a_{K-2}2^{K-2} + \dots + a_12^1 + a_02^0 \quad (1)$$

Burada  $a_k$ ,  $0 \leq k \leq K-1$  olmak üzere 0 veya 1 olabilir. Bir imge dizisindeki t. çerçevenin k. seviyeden bit-uzayını  $b_k^t(x,y)$  olarak ifade edersek bu uzay k. seviyedeki bütün bitleri ( $a_k$ ) içerir. 8-bitlik piksellerden meydana gelen bir imge için oluşturulacak 8 bit uzayı ;  $b_0^t(x,y)$ ,  $b_1^t(x,y)$ ,  $\dots$ ,  $b_7^t(x,y)$  şeklindedir. Burada  $b_0^t(x,y)$  en değerli bitleri içeren,  $b_7^t(x,y)$  ise en değersiz bitleri içeren bit-uzayıdır.

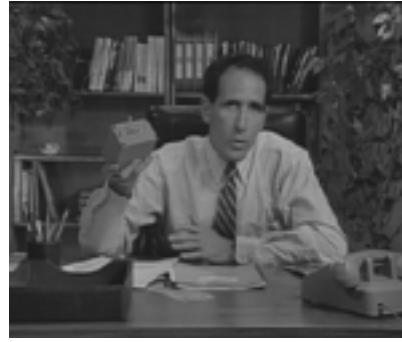
Bir imge dizisindeki t. imge  $f^t(x,y)$  K-bit olarak Gray-kodlanabilir.  $g_{K-1}, g_{K-2}, \dots, g_1, g_0$  şeklindeki K-bit Gray-kod aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} g_{K-1} &= a_K \\ g_k &= a_k \oplus a_{k+1} \end{aligned} \quad , 0 \leq k \leq K-2 \quad (2)$$

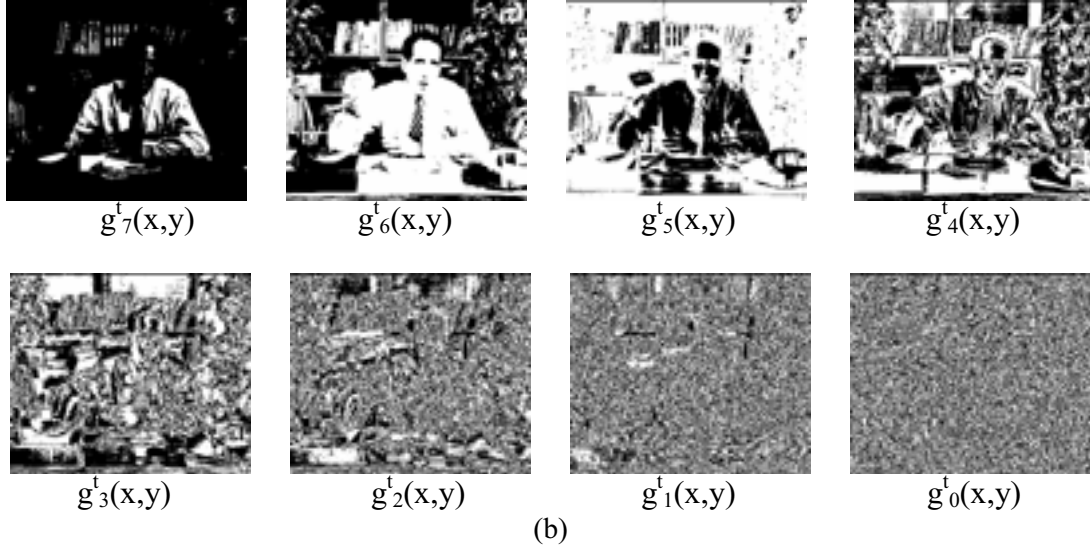
Burada  $\oplus$ , exor işlemine ve  $a_k$ , (1) ' de verilen ikili gösterimdeki k. bite karşılık gelmektedir. Gray-kodlaması ile değerleri birbirine yakın fakat bit-uzayları farklı olan piksellerin kodlanarak değerleri yakın piksellerin bit-uzaylarının da benzer olması amaçlanmaktadır.

Örneğin değeri 128 olan bir pikselin ikili sistemde gösterimi 1000 0000, değeri 127 olan bir pikselin gösterimi de 0111 1111 olmakta ve değerler birbirine yakın olduğu halde, piksellerin bitlerin ex-or'landığında bütün bitler farklı olduğu için pikseller çok farklı olarak algılanmaktadır. Gray-kodlaması en yüksek biti sabit tutmakta piksellerin diğer bitlerini ex-or'lamaktadır. Örneğin 128'in gray-kodu 1100 0000 olarak bulunmakta, 127'nin gray-kodu da 0100 0000 olarak elde edilmektedir. Görüldüğü gibi artık sadece tek bir bit-uzayında bir farklı bit oluşmaktadır.

Şekil-1'de 8-bit gri tonlanmış "Salesman" imge dizisinden bir çerçeve ve bu çerçevenin piksellerinin Gray-kodlanmasından oluşan 8 bit-uzayı verilmiştir. Şekil 1-b'de görüldüğü üzere düşük seviyeli bit uzayları imgedeki ayrıntılara katkıda bulunurken, sadece yüksek seviyeli bit-uzayları görsel olarak önemli verileri içermektedir.



(a)



(b)

**Şekil 1.** Gri Tonlanmış Bir İmgenin Gray-Kodlanmış Bit Uzaylarına Ayrılması.  
(a) Orjinal İmge. (b) Gray-Kodlanmış 8 Bit Uzayı

### 3. Gray-Kodlanmış Bit-Uzayı Temelli Hareket Tahmini

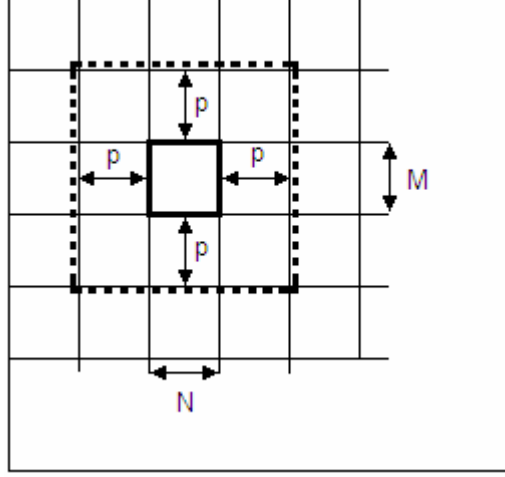
Blok-uyumlaması bazlı hareket tahmininin temeli mevcut çerçeveyi belirli boyutlardaki bloklara ayırdıktan sonra bir önceki çerçevede belirlenen bir arama bölgesindeki en iyi uyumu veren bloğu bularak mevcut çerçevedeki blok için bir önceki çerçeveden bir tahmin yaratmaktır. Blok boyutlarının  $M \times N$  olduğunu ve  $(M+2p) \times (N+2p)$  boyutunda bir arama çerçevesi kullanıldığını düşünülürse, Gray-kodlanmış bit uzayları için uyumlama kriteri ;

$$C_j(m,n) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} g_k^t(x,y) \oplus g_k^{t-1}(x+m,y+n) , \quad -p \leq m,n \leq p \quad (3)$$

şeklinde tanımlanabilir. Burada  $g_k^t(x,y)$  ve  $g_k^{t-1}(x,y)$  sırasıyla o anki ve bir önceki k. seviyeden Gray-kodlanmış bit-uzaylarına ve p ise arama penceresinin en büyük yer değiştirmesine karşılık gelmektedir.

Arama penceresi içerisinde kalan her  $M \times N$  lik blok için (3)'de verilen  $C_j(m,n)$  uyumlama kriteri, bit uzaylarına göre ağırlıklandırma yapılarak hesaplanır. Buradan elde edilecek en küçük  $C_j$  'ye ilişkin (m,n) ikilisi o bloğun hareket vektörünü verir.

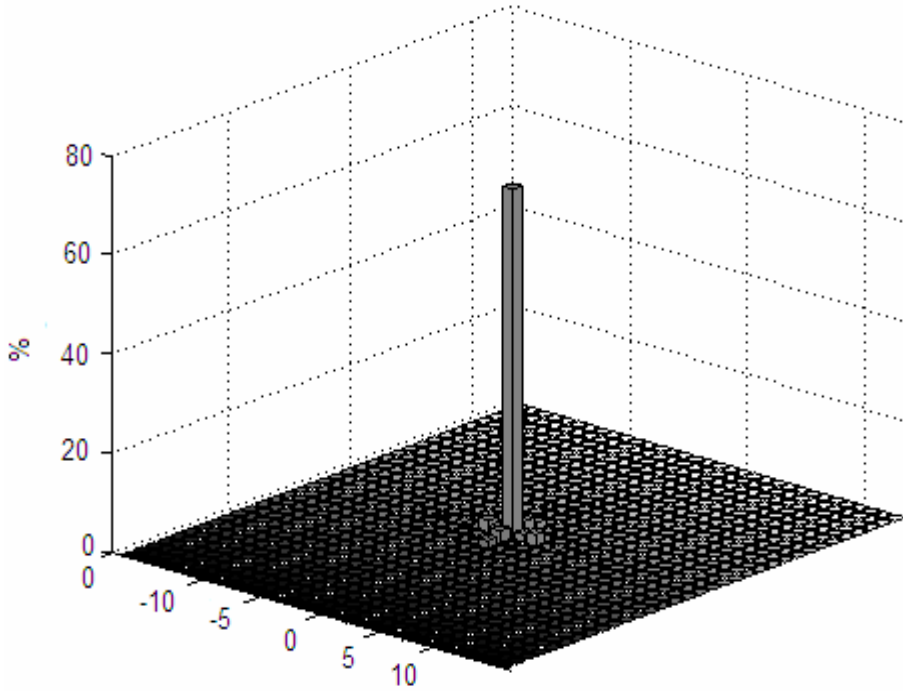
Şekil-2'de  $M \times N$ 'lik bloklara ayrılmış bir imgenin belirli bir kısmı ve koyu ile belirtilen blok için tanımlanan arama çerçevesi gösterilmiştir.



**Şekil 2.**  $M \times N$ 'lik Bloklara Ayrılmış İmge ve Bu Bloğa İlişkin Arama Penceresi

Bu çalışmada  $344 \times 288$  piksel boyutundaki "Salesman" imge dizisi  $8 \times 8$  piksellik bloklara bölünmüş ve bu bloklar için  $p=8$  olacak şekilde  $24 \times 24$  piksellik arama pencereleri tanımlanmıştır. Bu arama penceresi içerisinde Gray-kodlanmış bit-uzaylarında tam-arama (full search,FS) yapılmıştır.

Şekil-3'de , 100 imgelik "Salesman" imge dizisi için en düşük mutlak fark (MAD) kriteri kullanılıp, tam-arama yapıldığında elde edilen hareket vektörü ile Gray-kodlanmış bit uzaylarında (3)'de verilen uyumlama kriteri kullanılıp, tam-arama yapıldığında elde edilen hareket vektörünün farkının dağılımı verilmiştir.



**Şekil 3.** Gerçek Hareket Vektörleri (MAD kriteri -FS) İle Gray-Kodlanmış Bit-Uzaylarından (FS) Elde Edilen Hareket Vektörleri Arasındaki Mesafenin Dağılımı

En düşük mutlak fark kriteri ile gerçekleştirilen tam-arama ile Gray-kodlanmış bit-uzaylarında (3)'de verilen kriter ile gerçekleştirilen tam-arama sonuçları %70 oranında birbirinin aynısıdır. Bu sonuç aynı zamanda Şekil-3'de (0,0) noktasındaki büyük değerden görülmekte olup aynı şekilden tam olarak örtüşmeyen hareket vektörlerinin dağılımının (0,0) noktasına çok yakın olduğu da açıktır.

Elde edilen hareket vektörleri ile oluşturulan tahmini görüntü ile bir sonraki çerçevedeki elde edilmek istenen görüntü arasındaki farkı belirleyen en büyük işaret gürültü oranı (PSNR – Peak Signal to Noise Ratio)

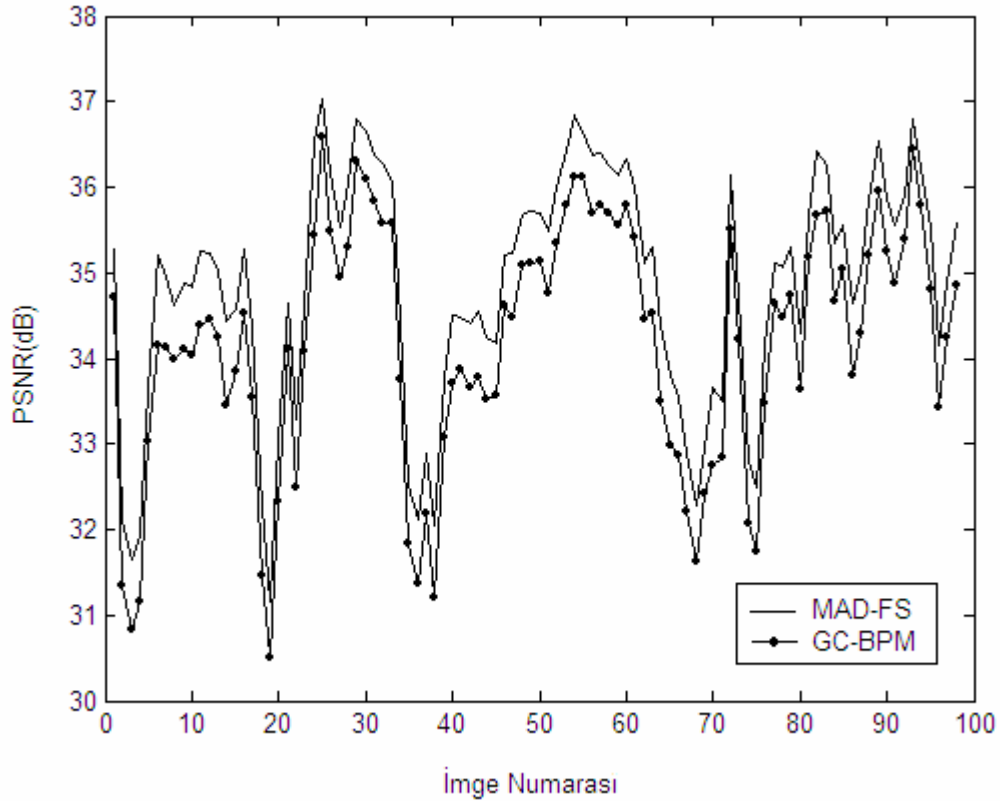
$$PSNR = 20 \log \frac{255}{\sqrt{MSE}} \quad (4)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Buradaki MSE (Minimum Square Error , en küçük karesel hata)

$$MSE = \frac{1}{TPS} \sum_{x=1}^{YPS} \sum_{y=1}^{DPS} (f^t(x,y) - f^{*t}(x,y))^2 \quad (5)$$

şeklinde dir. (5)'de TPS imgenin toplam piksel sayısını, YPS yatay piksel sayısını, DPS dişey piksel sayısını,  $f^t(x,y)$  o anki çerçeveyi,  $f^{*t}(x,y)$  bir önceki imgeden elde edilen hareket vektörlerine göre oluşturulan o anki tahmini imgeyi göstermektedir.

Şekil-4'te 100 imgelik “Salesman” imge dizisi için en düşük mutlak fark kriteri ile gerçekleştirilen tam-arama ile Gray-kodlanmış bit-uzaylarında (3)'de verilen kriter ile gerçekleştirilen tam-arama sonuçlarından hesaplanan en büyük işaret gürültü oranı (PSNR) verilmiştir.



Şekil 4. “Salesman” İmge Dizisi İçin Bozulma Oranı

## 4. Sonuç

Bu çalışmada global-hareket tahmini için önerilmiş Gray-kodlanmış imgelerin bit-uzayı uyumlaması yöntemi blok-bazlı hareket tahminine uyarlanarak, hareket tahmin doğruluğunun en düşük mutlak fark kriteri kullanan tam arama yöntemi ile karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar Gray-kodlanmış imgelerin bit-uzayı uyumlaması yönteminin %70 oranında düşük mutlak fark kriteri kullanan tam arama yöntemi ile aynı hareket vektörlerini verdiğini göstermiştir. Gray-kodlanmış imgelerin bit-uzayı uyumlaması yöntemi ile farklı bulunan hareket vektörlerinin ise, en küçük mutlak fark kriteri kullanılarak yapılan tam-arama sonucunda bulunan hareket vektörlerine çok yakın olduğu gözlenmiştir.

Önerilen yöntemle elde edilen en büyük işaret gürültü oranı (PSNR) ile en küçük mutlak fark kriteri kullanılarak yapılan tam-arama sonucunda elde edilen en büyük işaret gürültü oranı arasında en fazla 1dB'lik fark görülmektedir. Bu farkın önerilen yöntemle bulunan hareket vektörü çevresinde yapılacak tam-arama ile azaltılması mümkündür. Gray-kodlanmış imgelerin bit-uzayı uyumlaması yöntemi hareket vektörlerini bulurken sadece ikili ex-or işlemi kullandığından VLSI tasarıma uygundur.

## Kaynakça

- [1]. C.J. Kuo , C.H. Yeh ve S.F. Odeh , “Polynomial Search Algorithm for Motion Estimation” , IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology , Vol 10. S.813-818, August 2000
- [2]. Peter H. W. Wong ve Oscar C. Au , “Modified One-Bit Transform for Motion Estimation” , IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology , Vol. 9, No 7, s.1020-1024. , October 1999
- [3]. Sung-Jea Ko, Sung-Hee Lee, Seung-Won Jeon ve Eui-Sung Kang, “Fast Digital Image Stabilizer Based on Gray-Coded Bit-Plane Matching”, IEEE Transactions on Consumer Electronics , Vol. 45, No 3. s.598-603. , August 1999