

# ÖLÇEK VE KONUMDAN BAĞIMSIZ BİR BİÇİM TANIMA DİZGESİ ÇALIŞMASI

**MetseVERCAN B. Uğur ATAK**  
ODTÜ, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

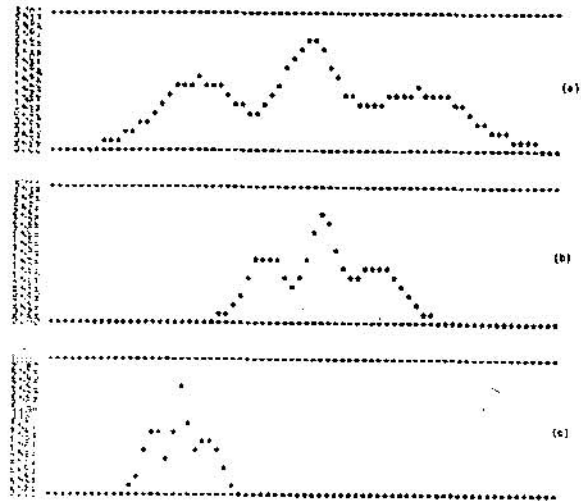
## ÖZET

Nesnelerin, ölçek ve konumdan bağımsız olarak sınıflandırılması Biçim Tanımının (Pattern Recognition) uygulama alanları içinde önemli bir yer kaplar. Böyle bir sınıflandırma için uygulanabilecek yöntemlerden birisi, "Fourier Direct Mellin" dönüşümünü (FDMT) kullanarak önce tanıma dizgesinin giriş işaretlerini ölçek ve konumdan bağımsız bir şekilde getirmek ve daha sonra sınıflandırmaya çalışmaktır.

**Bu** yazıda, yukarıda sözü edilen FDMT dönüşümünü kullanarak değişik ölçek ve konumlardaki, değişik sınıflardaki işaretleri, gürültüsüz ve gürültülü ortamlarda sınıflandıran bir dizgeyle ilgili çalışmalar özetlenmiştir.

## GİRİŞ

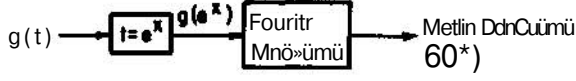
Biçim tanımının birçok uygulamasında karşılaşılan önemli sorunlardan birisi aynı sınıfta tanımlanması gereken nesnelere gelen işaretlerin, Şekil 1'deki örnekten de görüldüğü gibi, değişik konumlarda ve deği-



ŞEKİL 1. a) Bir giriş işareti; Bu işaretin b) 1/2 ile ölçeklerini iş c) 1/4 ile ölçekleri mi? ve zaman ekseninde kaymış durumları.



kullanılarak Şekil 3'te gösterilen dizge ile bulunabilir.



ŞEKİL 3. Mellin Dönüşümünün Fourier Dönüşümü yardımıyla bulunması

Mellin dönüşümünün ölçekten bağımsızlığı özelliği Ek-1 'de gösterilmiştir.

Hızlı Fourier dönüşümü (FFT) yordamları ile, örneklenmiş işaretlerin Fourier dönüşümleri bilgisayarda kolaylıkla ve çok hızlı bulunabildiğinden Şekil 3'deki dizge yaygın olarak kullanılmaktadır. Yalnız burada  $t = e^x$  dönüşümü kullanılması sonucunda örnekler arasındaki uzaklıkların eşitliği kaybolduğundan Fourier dönüşümü almadan önce eşit aralıklı yeni bir örnek dizisi, enterpolasyon yapılarak bulunur. Bu yazıda sözü edilen çalışmalarda Mellin dönüşümü FFT yardımı ile değil doğrudan DMT (Direct Mellin Transform) dönüşümü ile bulunmaktadır.

#### DMT ve FDMT DÖNÜŞÜMLERİ

Giriş işareti  $g(t)$ 'nin  $T$  zaman aralıkları ile örneklendiğini varsayarak, örneklenmiş işaret

$$\{g_k = \{g_f(k-1) T\}\}, k=1, 2, \dots, N-1 \quad (3)$$

şeklinde  $N$  ögeli bir dizi olarak gösterilebilir. Bu dizinin doğrudan Mellin dönüşümü (DMT)

$$G(s) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N |g_k|^s \Delta_k \quad (4)$$

şeklinde tanımlanır (1), (2). Yukarıdaki eşitlikte  $A^k =$

$g_k \sim k+1$  ve  $T = 1$  olarak alınmıştır,  $s = j\omega_n$  için (4) eşitliği

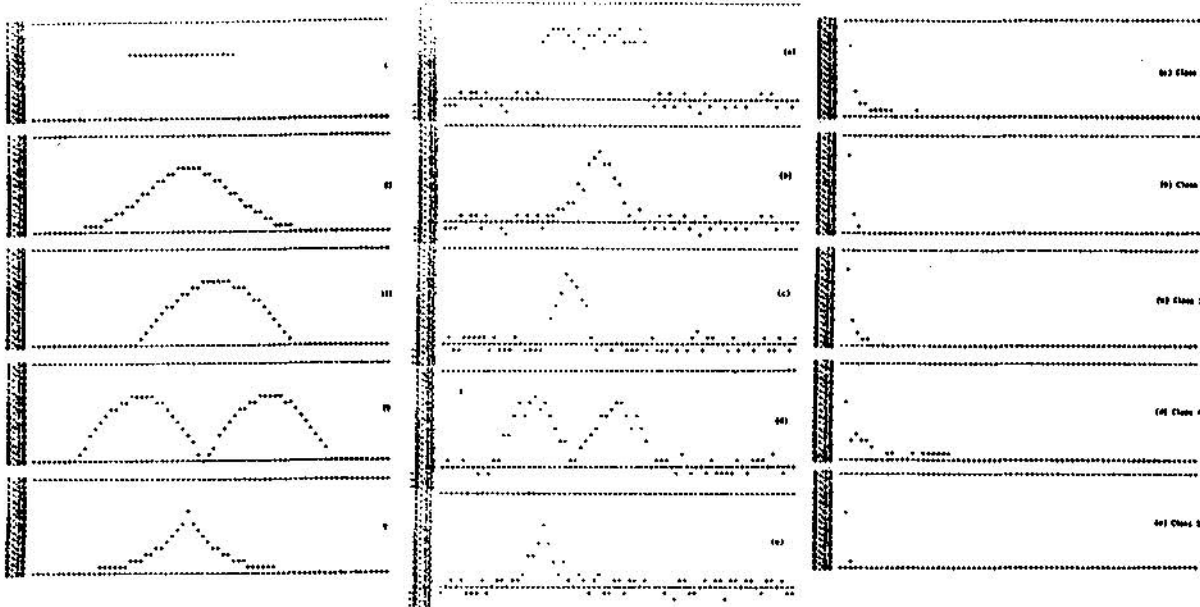
$$G(j\omega_n) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N [\cos(\omega_n k) + j\sin(\omega_n k)] A_k \quad (5)$$

şekline girer. FFT kullanılara hızlı bir şekilde bulunabilen Mellin dönüşümü (Fast Mellin Transform, FMT), DMT ile çok daha yavaş bir şekilde, fakat FMT'deki  $t = e^x$  dönüşümünün getirdiği sorunlardan arınmış olarak bulunabilir. Tanımlama dizgelerinde genellikle özellik vektörünü oluşturmak için birkaç terim yeterli olduğundan DMT dönüşümü yalnızca birkaç  $\omega_n$  terimi için bulunur ve böylece DMT'nin FMT'ye oranla yavaş olması herhangi bir sorun yaratmaz.



ŞEKİL 4. FDMT Dönüşümü

ölçek ve konumdan bağımsız bir dönüşüm olan FDMT (Fourier Direct Mellin Transform), Fourier ve DMT dönüşümlerinin ard arda alınmasıyla Şekil 4'de görüldüğü gibi bulunabilir.



ŞEKİL 5. a) Benzetim çalışmalarında kullanılan 5 sınıftan örnek işaretler.  
b) 5 sınıf işaretin gürültülü örnekleri  
c) S.a'daki işaretlerin FDMT dönüşümleri

Bir  $f(t)$  işaretinin Fourier dönüşümü

$$f(t) \longleftrightarrow F(\omega)$$

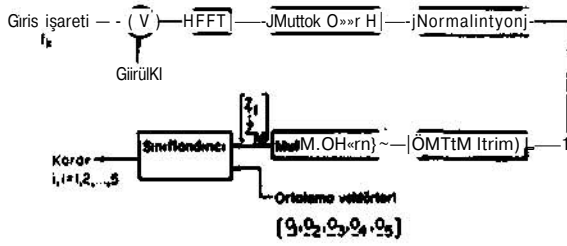
şeklinde gösterilirse,  $f(at)$  işaretinin Fourier dönüşümü

$$f(at) \longleftrightarrow \frac{1}{|a|} F(\omega/a)$$

olduğundan, Şekil 4'de görüldüğü gibi FFT ve DMT blokları arasında bir normalizasyon basamağı gereklidir.

### BİLGİSAYAR BENZETİM SONUÇLARI

Bilgisayar benzetiminde kullanılan dizge, beş değişik sınıfa ayrılan ve değişik konum ve ölçeklerde bulunabilen işaretlerin tanınması için kullanılmıştır. Bu işaretlerin gürültüsüz ve gürültü içindeki şekilleri ve bunların FOMT dönüşümleri Şekil 5'de, kullanılan dizge ise Şekil 6'da gösterilmiştir.

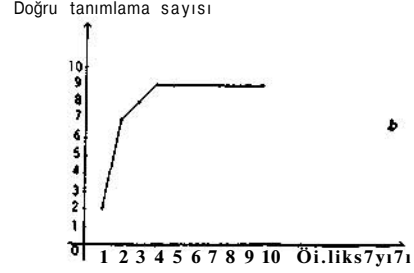


ŞEKİL 6. FDMT sınıflandırma dizgesi

Şekil 6'da görüldüğü gibi sınıflandırıcının giriş işaretleri a) sınıflandırılmaya çalışılan giriş işaretinin FDMT dönüşümünden alınan ve özellik vektörünü oluşturan  $M$  öge ( $1 < M < 10$ ), b) sınıflandırma için gerekli ön bilgi olarak ortalama vektörleri  $O_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 5$ 'dir. Ortalama vektörleri, herhangi bir işaret sınıflandırılmaya geçilmeden önce her sınıftan alınan çeşitli örneklerden oluşturulmuş ve bilgi belleğine yüklenmiştir. Sınıflandırma bu önbilgiyi kullanarak gelen işareti beş sınıftan birisi olarak tanımlar.

Tanımlama dizgesinin başarımı ile ilgili sonuçlar Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 7a'daki tablo her sınıftan değişik konum ve ölçekteki 10 değişik işaretin tanımlanması sonucunda çıkarılmıştır. Buradan görüldüğü gibi yaklaşık % 90'lık bir başarımla 20 dB işaret gürültü oranında gerçekleştirilmektedir. Şekil 7.b'de ise % 90'lık bir başarımla için yalnızca beş ögeli bir özellik vektörünün yeterli olduğu görülmektedir.

|              |   | KARARLAŞTIRILAN SINIF |   |   |    |   |
|--------------|---|-----------------------|---|---|----|---|
|              |   | 1                     | 2 | 3 | 4  | 5 |
| GERÇEK SINIR | 1 | 10                    | - | - | -  | - |
|              | 2 | -                     | 9 | - | -  | 1 |
|              | 3 | 2                     | 1 | 7 | -  | - |
|              | 4 | -                     | - | - | 10 | 5 |
|              | 5 | 1                     | - | - | -  | 9 |



ŞEKİL 7.a) SNR = 20 dB için sınıflandırma dizgesi sonuçları  
b) Doğru tanımlama oranının özellik vektörünün öge sayısına bağlantısı.

### E K - 1

Bir  $g(t)$  işaretinin ölçeklenmiş şekli

$$h(t) = g(kt)$$

olsun. Bu işaretin Mellin dönüşümü

$$\begin{aligned} H(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-j\omega t} dt \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} g(ke^x) e^{-j\omega k e^x} k e^x dx \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} g(e^{x+\ln k}) e^{-j\omega k e^x} dx \end{aligned}$$

$y = x + \ln k$  dönüşümü uygulanırsa

$$H(j\omega) = e^{-j\omega \ln k} \int_{-\infty}^{\infty} g(ey) e^{-j\omega e^y} dy$$

şekline girer. Yukarıda görüldüğü gibi  $H(j\omega)$ 'nin  $G(j\omega)$ 'dan tek farkı integralin başındaki  $e^{-j\omega \ln k}$  gibi doğrusal bir faz terimidir. Bu faz terimi mutlak değer alma işlemi ile ortadan kalkacağından

$$|H(j\omega)| = |G(j\omega)|$$

bulunur, böylece Mellin dönüşümünün mutlak değerinin ölçekten bağımsızlığı gösterilmiş olur.

### KAYNAKLAR

- (1) Zwicke, P. E., and Kiss, Imre, Jr., "A new Implementation of the Mellin Transform and its Application to Radar Classification of Ships", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-5, No. 2, March 1983.
- (2) Atak, B. Uğur, "Scale and Translation Invariant Pattern Classification", Yüksek Lisans Tezi, Elektrik ve Elektronik Müh. Böl. ODTÜ, 1984.