

Elle Çizilmiş Sayısal Lojik Kapıların Tanınması

Recognition of Hand-Sketched Digital Logic Gates

Nuray Gül, Hakan Tora
Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü
Atılım Üniversitesi
Ankara, Türkiye
{nuray.gul, hakan.tora}@atilim.edu.tr

Özetçe— Elle çizilmiş devrelerin tanınması mühendislik alanında çok kullanışlıdır. Çünkü pek çok mühendis devre tasarımlarını öncelikle kağıt üzerinde yapmayı tercih eder. Bu da zaman kaybına ve hatalara sebep olabilir. Bu problemden yola çıkarak oluşturulan bu çalışmada, elle çizilmiş sayısal lojik kapıların kompleks ve skaler Fourier Tanımlayıcıları (FT) kullanılarak sınıflandırılması ve tanınması sunulmaktadır. Kullanılan iki Fourier Tanımlayıcısı arasındaki başarımlar karşılaştırılmış ve optimum tanımlayıcı çeşidi belirlenmiştir. Kompleks FT için % 84.3, skaler FT için %98.6 mertebelerinde tanınma oranları elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler —Fourier Tanımlayıcıları; Görüntü İşleme; nesne tanıma; nesne sınırları.

Abstract—Hand-Sketched circuit recognition is a very useful tool in engineering area. Because most of the engineers prefer to design their circuits on the paper firstly. So, this can cause time wasting and some mistakes. In this study, which is based on the solving these kinds of problems, classification and recognition of the handwritten digital logic gates according to their complex and scalar FDs (Fourier Descriptors) is presented. Test results are obtained as 84.3 % accuracy rate for complex FDs, 98.6 % for scalar FDs. Then these results are compared and decided the optimum FDs type for this study.

Keywords—Fourier Descriptors; image processing; object recognition; boundaries of objects.

I. GİRİŞ

Elektronik mühendisliğinde, sayısal devre tasarımı yaparken kağıt üzerinde pratik yapmak yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir. Ama herhangi bir değişiklik yapmak istediğimizde ya da bu tasarımları saklamak istediğimizde kağıt kullanışlı bir araç olmaktan çıkar. Ayrıca bu tasarımları bilgisayar ortamına aktarmakta ekstra zaman gerektirir. Bu tür problemleri çözmek için

düşünülen bu çalışmada, “VE”, “VEYA” ve “DEĞİL” kapılarının tanınmasına yönelik bir yöntem önerilmektedir.

Bu çalışma, elle çizilmiş bir devre şemasındaki ilgili lojik kapıların tanınmasını amaçlamaktadır. Her kapı bir nesne olarak ele alınacaktır. Nesnelerin tanınmasının temelinde şekillerin tanınması yatmaktadır. Şekil analizi, bir nesnenin sadece şekilsel özelliklerinin incelenmesi ve nesneden kullanışlı bilgilerin çıkartılması olarak düşünülebilir. Nesnenin dış sınırlarının tayin edilmesi ve ya nesnede boşluklar olup olmadığına karar verilmesi örnek olarak gösterilebilir. Şekil analizi prosedürleri şekil tanımlayıcılarının kullanımını temel alır. Şekil tanımlayıcıları iki boyutlu şekillerden hesaplanan sayılar ya da sayı setleridir [1]. Bu tanımlayıcılar hacim bazlı ve çevre bazlı olmak üzere iki temel kategoriye ayrılabilirler. Hacim bazlı tanımlayıcılar objenin tüm piksellerini kullanırlar. Bunlara en güzel örnek geometrik momentler ya da Zernike Momentleridir. Çevre bazlı tanımlayıcılar ise şeklin sınırlarındaki pikselleri kullanarak elde edilirler. Fourier Tanımlayıcıları, çevre tanımlayıcıları için bilinen bir örnektir [1].

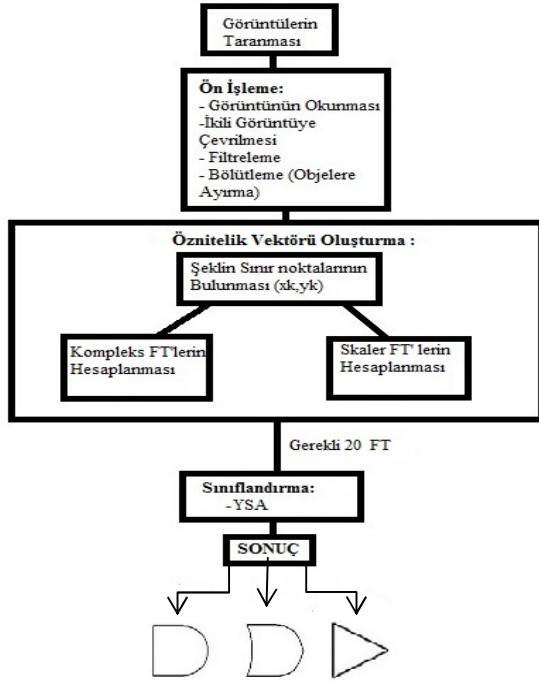
Bir nesnenin tanınmasında o nesnenin pozisyonu, duruş açısı ve büyüklüğü önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle nesneye ait çıkartılan öz nitelikler, nesnenin rotasyonundan, boyutundan ve konumundan etkilenmemelidir. Bu yüzden bu çalışmada nesnenin öz nitelikleri olarak Fourier Tanımlayıcıları seçilmiştir. Kompleks ve Skaler Fourier Tanımlayıcılar olmak üzere iki çeşit tanımlayıcı kullanılmıştır. Bu çalışmanın deneysel sonuçları, skaler tanımlayıcıların kompleks tanımlayıcılardan çok daha iyi tanıma oranları sağladığını göstermektedir.

Bu bildiri, aşağıdaki gibi düzenlenmiştir. Bölüm II önerilen yöntemi sunmaktadır. Verilerin elde edilmesi eğitim ve test setlerinin oluşturulması Bölüm III’te anlatılmaktadır. Bölüm VI ise deneysel sonuç ve karşılaştırmaları sunmaktadır. Sonuç bölümünde bildirinin

genel bir değerlendirilmesi ve gelecek çalışma ve öneriler verilmektedir.

II. ÖNERİLEN YAKLAŞIM

Bu çalışmada uygulanan metodlar aşağıdaki diyagramda belirtilmiştir.



Şekil 1. Nesne tanıma blok diyagramı

A. Ön İşleme

İlk olarak elle çizilmiş devre ya da devre elemanlarının görüntüleri bir kamera aracılığıyla çekilir ve her bir görüntü gri tonlu imgelere dönüştürüldükten sonra ikili görüntüler oluşturulur[2,3]. Dürtü gürültüleri (tuz-biber) yok etmek amacıyla ortanca filtre ikili görüntüye uygulanır. Daha sonra görüntüdeki nesneler etiketlenerek bölütleme işlemi gerçekleştirilir. Böylece her bir mantıksal kapı ayrı ayrı görüntüler şeklinde kaydedilmiş olur[5,6,9]. Tablo 1'in ikinci sütunu original görüntüye uygulanan ön işlemenin sonuçlarını göstermektedir.

B. Öznitelik Vektörü Oluşturma

Bir nesnenin ayırt edilmesini sağlayan özellikler öznitelik vektörü olarak isimlendirilebilir. Bu çalışmada nesneleri sınıflandırmada öznitelik olarak Fourier Tanımlayıcıları kullanılmıştır. İkili görüntüler halinde kaydedilen kapılar için tek tek Fourier Tanımlayıcıları bulunmuştur.

Fourier Dönüşümü şekil analizinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir [1]. FT şeklin frekans ekseninde gösterimidir. Düşük frekans bileşenleri şeklin genel yapısı ile ilgili bilgi içerirken, yüksek frekans bileşenleri şekil hakkındaki detayları verir. Bu yüzden düşük frekanslardaki

FT aynı mantıksal kapılar için benzerlik gösterecektir. Bu da kullanılan FT'nin sayısının önemli miktarda azalmasına imkan sağlar. Bu yüzden bu çalışmada her bir nesne için sadece 20 tanımlayıcı yeterli olarak görülmüştür [7,8].

Bu bildiride iki farklı FT kullanılmıştır: Kompleks FT ve Skaler FT. Her iki FT için de ilk önce şekillerin dış sınır piksel koordinatlarının bulunması gerekmektedir. Sınırlarda K tane piksel olduğu düşünülürse, piksellerin koordinatları 0'dan (K-1)'e kadar $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{K-1}, y_{K-1})$ şeklinde ifade edilebilir[2]. Tablo 1'in 3. sütunu ikili görüntülerden elde edilen piksel konumları kullanılarak çizilen dış sınırları göstermektedir.

Orjinal Görüntü	Ön İşleme	Sınırların Çıkarılması

Tablo 1. Ön işleme ve sınırların çıkarılması

Daha sonra şeklin merkez noktası (x_c, y_c) olarak kabul edildiğinde, x_c ve y_c ;

$$x_c = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^K x_k, y_c = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^K y_k \quad (1)$$

ifadesiyle hesaplanır [6]. Bu noktaya cismin ağırlık merkezi de denilebilir.

Her bir şeklin merkez noktaları kullanılarak,

$$S(k) = (x_k - x_c) + j(y_k - y_c), k=0,1,\dots,K-1 \quad (2)$$

ifadesiyle $S(k)$ kompleks vektörü elde edilir. Kompleks FT bulunurken $S(k)$ vektörünün aşağıda ifade edilen Ayrık Fourier Dönüşümü hesaplanır [1,9].

$$a(n) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} S(k) e^{-j2\pi nk/K}, n = 0,1,\dots,K-1 \quad (3)$$

$a(n)$ katsayıları Kompleks Fourier Tanımlayıcılarıdır [1,2]. Bu ifadenin şeklin boyutundan ve rotasyonundan bağımsız olması için, bütün $a(n)$ 'ler, 1. Fourier tanımlayıcısı $a(1)$ 'in büyüklüğüne bölünür, ve elde edilen sonuçların büyüklükleri alınır. Bu işlem yapıldığında 0. ve 1. FT nesnenin şekli için önemli bir bilgi içermediğinden ihmal edilir. Çalışmamızda her bir kapı için, 2. tanımlayıcıdan 21. tanımlayıcıya kadar olan ,normalize edilmiş 20 tanımlayıcının büyüklükleri kullanılmıştır [7,9,4]:

$$\tilde{a}(n) = \frac{|a(n)|}{|a(1)|}, n = 2, 3, \dots, 21 \quad (4)$$

Diğer taraftan skaler FT hesaplanırken ise şeklin sınır konumlarının şeklin merkez noktasına olan uzaklıkları aşağıdaki ifade kullanılarak hesaplanır [1].

$$r(k) = |(x_k, y_k) - (x_c, y_c)| \quad (5)$$

$$= \sqrt{(x_k - x_c)^2 + (y_k - y_c)^2}$$

Skaler FT'ler $r(k)$ vektörünün Ayrık Fourier Dönüşümü kullanılarak Denklem (6)'daki gibi hesaplanır.

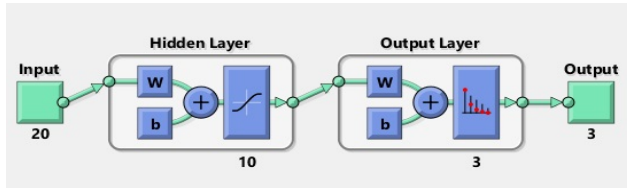
$$c(n) = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} r(k) e^{-j2\pi nk/N}, n = 0, 1, \dots, K-1 \quad (6)$$

$c(n)$ katsayıları Skaler Fourier Tanımlayıcılarıdır. Bu tanımlayıcılar da kompleks FT'de olduğu gibi şeklin çizim farklılıklarından (boyut ve rotasyon) etkilenmemesi için normalize edilir. Aşağıda tanımlanan 20 skaler FT bu çalışmada kullanılmıştır [1,7,8].

$$\tilde{c}(n) = \frac{|c(n)|}{|c(1)|}, n = 2, 3, \dots, 21 \quad (7)$$

C. Sınıflandırma

Yapay Sinir Ağları (YSA) örüntülerin tanınmasında sıklıkla kullanılan bir sınıflandırma modelidir. YSA, insan beyninin bilgi işleme tekniğinden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işlem teknolojisidir. Bu çalışmada çok katmanlı sinir ağı yapısı kullanılarak sınıflandırma ve tanıma işlemleri yapılmıştır. Şekil 2 kullanılan sinir ağı yapısını göstermektedir. Burada öznitelik olarak çıkartılan Fourier tanımlayıcıları giriş olarak kullanılmış ve YSA bu özniteliklere göre eğitilip, test edilmiştir. Nesne sınıfını temsil eden sinir ağı çıkışları ikili sayılarla kodlanmıştır.



Şekil 2. MATLAB nprtool ile oluşturulan YSA

III. VERİTABANININ HAZIRLANMASI VE YSA'NIN EĞİTİLMESİ

Veritabanı hazırlanırken yedi farklı kişiden “VE”, “VEYA” ve “DEĞİL” kapılarının her biri için 20 çizim alınmıştır. Yani her bir kapı için 140 çizim, toplamda 420 çizim YSA'yı eğitmek için kullanılmıştır. YSA geriye yayılım algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Her bir kapı için hesaplanan, kapıların genel şekilleriyle ilgili yeterli bilgiyi içeren, 20 FT kompleks ve skaler olarak hesaplanmıştır. Test için gerekli veritabanı da yine aynı 7 kişiden karışık şekilde çizilmiş 20 mantıksal kapı kullanılarak, toplamda 140 çizimle yapılmıştır. Tablo 2,

kullanılan çizimlerin farklı yönlerde, farklı büyüklük ve konumlarda olduğunu örneklemek için verilmiştir. Bu çalışmada kapılar devreden kesilmiş oldukları varsayılarak ele alınmış ve bu şekilde öznitelikleri çıkartılmıştır.

Sayısal Lojik Kapılar	Veri tabanı			
	Standart Görüntü	Elle Çizilmiş Görüntü		
VE				
VEYA				
DEĞİL				

Tablo 2. YSA'yı eğitmek için kullanılan çizimlerden örnekler

IV. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu çalışmada hazırlanan veri tabanına göre eğitilen YSA, Kompleks ve Skaler FT için ayrı ayrı her bir devre elemanına ait başarımlar oranlarını, çıkardığı hata matrisi (confusion matrix) yardımıyla görmemizi sağlar.

Kompleks FT	VE	VEYA	DEĞİL	TOPLAM
VE	24	11	5	40
VEYA	2	46	0	48
DEĞİL	2	2	48	52

Tablo 3. Kompleks FT için hata matrisi

Skaler FT	VE	VEYA	DEĞİL	TOPLAM
VE	40	0	0	40
VEYA	2	46	0	48
DEĞİL	0	0	52	52

Tablo 4. Skaler FT için hata matrisi

Yukarıdaki Tablo 3 ve Tablo 4 incelendiğinde birbirine yakın sayıda devre elemanlarının test verisi olarak kullanıldığı ve kapıların çoğunun doğru olarak tanındığı anlaşılmaktadır. Kompleks veriler için yanlışlama payının

skaler verilere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu hata matrisleri için yapılan başarımlar oranları karşılaştırmaları Tablo 5'te detaylı olarak gösterilmiştir.

Kompleks FT Doğruluk Oranı (%)			Skaler FT Doğruluk Oranı (%)		
VE	VEYA	DEĞİL	VE	VEYA	DEĞİL
60.0	95.8	92.3	100	95.8	100

Tablo 5. Herbir Mantıksal Kapı için Başarım Oranları

Tablo 5'e göre özellikle "VE" kapılarının tanınma oranı Kompleks FT'de oldukça düşükken, Skaler FT için sadece "VEYA" kapısında hatalı tanıma olduğu gözlemlenmiştir. Toplam tanıma oranları hesaplandığında Kompleks FT için başarımlar oranı % 84.3 iken Skaler FT için % 98.6 olarak belirlenmiştir. Bu oranlara göre çalışmamız için Skaler FT'nin daha uygun olduğu sonucu çıkartılmıştır. Ve ayrıca yaklaşımımızın % 98.6 gibi bir doğruluk oranı vermesi, bu tanımlayıcıların şeklin ölçeklenmesinden, döndürülmesinden ya da çizim tekniklerinden doğan farklılıklardan çok fazla etkilenmediğinin kanıtı olmuştur.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada elle çizilmiş dijital lojik kapıların Fourier Tanımlayıcıları kullanarak sınıflandırılması ve tanınması sunulmuştur. Kapılar ön işleme aşaması ile kesilmiş ve kullanılmaya hazır ikili görüntüler halinde nesne olarak kaydedilmiştir. Bu nesnelerin sınır piksel konumlarından yola çıkarak, çevre tanımlayıcıları olan Kompleks ve Skaler FT öznitelik vektörleri hesaplanmış ve bu vektörler YSA'yı eğitmek için kullanılmıştır. Elde edilen başarımlar oranlarına göre Skaler FT kullanılarak oluşturulan ağın, nesnenin boyutundan, rotasyonundan ve konumundan etkilenmeden yüksek doğru tanıma oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Kompleks FT için hesaplanan başarımlar oranının Skaler FT'ye göre nispeten daha düşük olmasının nedeni, farklı çizim tekniklerinden daha kolay etkilenmesi ve nesneleri birbirleriyle karıştırması olarak düşünülebilir. Gelecek çalışmalarda devre şeması üzerinde sadece VE, VEYA ve DEĞİL lojik kapıları dışında diğer devre elemanlarını da tanıyan bir sistemin geliştirilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Christoph Dalitz, Christian Brandt, Steffen Goebels and David Kolanus, "Fourier descriptors for broken shapes", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2013, 2013:161.
- [2] Digital Image Processing using MATLAB R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins
- [3] Swati Bhonsle and Alissa Klinzmann, "Centroid Distance Function and the Fourier Descriptor with Applications to Cancer Cell Clusterig "

- [4] Ben Pinkowski, "Fourier Descriptors for Characterizing Object Contour "
- [5] Donald Bailey¹, Andrew Norman², and Giovanni Moretti², "Electronic Schematic Recognition"
- [6] G. G. Rajput, S. M. Mali, "Fourier Descriptor based Isolated Marathi Handwritten Numeral Recognition", *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887) Volume 3 – No.4, June 2010
- [7] http://www.tsi.telecom-paristech.fr/pages/enseignement/ressources/beti/descript_fourier/index.html
- [8] C.T. Zahn and R.Z. Roskies, "Fourier descriptors for plane close curves", *IEEE Trans. Computers*, Vol C-21, March 1972, pp. 269-281.
- [9] G.H. Granlund, "Fourier Preprocessing for hand print character recognition", *IEEE Trans. Computers*, Vol C-21, Febr. 1972, pp. 195-201.