

# 6. teknik kongre

## ÖZDEVİMSSEL ŞEKİL TANIMA ve OPTİK KORELATÖRLÜ BİR HARF TANITICI

ŞEVKI HOŞAĞASI

UDK: 535 : 621.3

### ÖZET

Tekniğin ilerleyişine paralel olarak otomatik şekil tanımının önemi de artmaktadır. Otomatik şekil tanımada şu anda en önemli yeri makine ve el yazısını tanımak oluşturmaktadır. Makine yazısını iyi tanıyabilen birçok tanıyıcı yapılmış olmasına rağmen pahalı oldukları için geniş çapta yayılamamışlardır. Şu anda ucuz tarayıcılar yapmak için büyük çaba sarfedilmektedir. Tanıma işlemini sayısal olarak yapmak yerine aynı işlemin bir kısmını optik, bir kısmını da elektronik olarak yaparak bu makineler çok daha ucuz imal edilebilir. Bu makalede optik korelatörlü ucuza maledilebilen bir harf tanıyıcısı anlatılmaktadır.

### SUMMARY

The importance of automatic pattern recognition is pronounced more and more as technology advances. The most important subject in pattern recognition today is recognizing hand or type-written characters. Although many pattern recognition devices for type-written characters have been realized so far, they all have the disadvantage of high cost which impedes their wide use. Great efforts are being spent toward designing cheap recognizing instruments. The article introduces a relatively low cost device which utilizes optical correlation.

Şevki Hoştaş, Dr., KTÜ

### 1. GİRİŞ

Özdevimsel (otomatik) şekil tanımının ne olduğunu açıklamak için ilk önce "şekil" teriminden ne anladığımızı tanımlamamız gerekiyor: Şekil birkaç özelliğin oluşturduğu bir bileşimdir.

Şekiller akustik şekiller, resimler, renkler gibi değişik türlerde olabilirler.

Bir şekil tanıma işleminde şekilleri oluşturan, özellikleri açısından birbirine benzemiyen kümeler veya sınıflardan yararlanılır. Sınıf, benzer özelliklere sahip şekillerin meydana getirdiği bir topluluk olarak tanımlanabilir.

Şekil tanıma, verilen bir şeklin özelliklerine göre bir sınıfa dahil edilmesidir. Bu işlem bir makina tarafından yapılıyorsa biz buna 'özdevimsel şekil tanıma' diyoruz, örnek olarak sayı tanımayı ele alalım. Tanınacak sayı on sınıftan birine aittir. Bir makina tarafından bu sayının özellikleri sınıfların özellikleriyle karşılaştırılır ve sayı sınıflardan birine dahil edilir.

### 2. UYGULAMA ALANLARI

Bu konunun önemi, belirtmek için birkaç örnek verelim ve ilk olarak akustik şekilleri tanımayı ele alalım. Bu bölümde motorlar ve generatörlerin çıkarttıkları seslerden bu makinalarda bir bozukluğun olup olmadığını belirlemek önemli bir yer tutuyor. Meydana gelebilecek hasarı önceden öğrenmek amacıyla güden ve makinayı sürekli denetim altında tutan bu çeşit bir akustik tanıyıcının ekonomik önemi oldukça büyüktür.

Motor seslerini tanıma ayrıca askeri alanda da oldukça önemlidir, örneğin denizaltı tanımada, sonar sisteminin kaydettiği imler değerlendirilerek uzaktan geçen bir denizaltının büyüklüğü, motorlarının cinsini belirlemek mümkündür.

Akustik şekil tanıma çabalarının ağırlık merkezini, konuşulan sözcükleri tanıma oluşturmaktadır. Bu araştırmaların amacı, makinalara emirleri konuşarak verebilmektir. Konuşma tanımının güzel bir örneğini insan taşıyan roketlerde görüyoruz. 6 g'lik bir ivme ile havalanan rokette, ivmeden dolayı pilot kıpırdıyamamakta ve bir tehlike anında roketi kumanda edememektedir. Pilotun emir vermek için tek olanağı sesini kullanmasıdır. Kelimeleri tanıyan bir araç bu sorunu çözmüştür.

Akustik şekil tanıma zor ve oldukça yeni olduğu için henüz istenilen sonuca ulaşamamıştır. Buna karşın özdevimsel resim tanımının bazı bölümlerinde çok iyi sonuçlara ulaşılmıştır. "Resim" sözcüğünden iki boyutlu bütün şekilleri anlıyoruz. Bunlar harfler, sayılar, havadan çekilmiş fotoğraflar olabilirler. Bugünkü özdevimsel şekil tanımının en önemli konusunu sayıları ve harfleri tanımak oluşturur. Bu konu da iki bölüme ayrılır: 1. elle yazılmış harfleri tanımak, 2. makina ile yazılmış harfleri tanımak. Yazı ma-

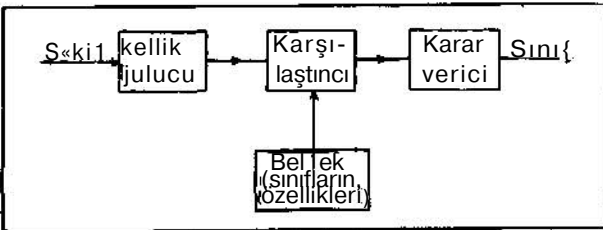
## 6. teknik kongre

kinası deyiminden baskı makinaları, daktilolar ve bilgisayarların yazı makinalarını anlıyoruz. Makina yazısının tanınmasına aşağıda geniş yer vereceğiz. Havadan çekilmiş fotoğrafların otomatik tanınması askeri bakımdan büyük önem taşır. Casus uyduları milyonlarca resmi çekip dünyaya iletmektedirler. Bu resimlerin teker teker değerlendirilmesi gerekir. Oldukça zaman alan ve yorucu olan bu işin bir makina tarafından yapılması istenir. Ancak bu konuda henüz istenilen başarıya ulaşılamamıştır.

Şekil tanımada başarı derecesi konudan konuya değişmektedir. Bir sınıfı meydana getiren şekillerin birbirine benzerlik derecesiyle sınıfların birbirine benzememe dereceleri yapılacak tanıyıcının yanılma derecesini etkilemektedir, örneğin, aynı daktilo ile yazılmış 2 »ayılları birbirlerine çok benzeyeceklerdir. Aralarındaki küçük farklar bantın yeni veya eski olmasından, tuşların kuvvetli veya zayıf vuruluşundan ve yazılan kağıdın türünden ileri gelecektir. Ayrıca 2 sınıfı örneğin 7 sınıfına çok az benzediğinden tanınacak 2 lerin 7 ile karıştırılması hemen olanaksızdır. Buna karşın 2 sayıları elle yazılmışlarsa sayıların şekli yazıcıdan yazıcıya değişecek, hatta aynı yazıcı tarafından yazılan sayılar bile birbirinden farklı olacaktır. Böylece el yazısında daha büyük yanılmalar olacaktır. Bir sınıfı oluşturan şekillerin benzerlik derecesi azaldıkça, şekil tanıma problemi zorlaşmakta ve yanılma olasılığı artmaktadır. Bu nedenle el yazısında daha büyük yanılma başarılarını makina yazısını tanımakta elde etmiştir.

### 3. ŞEKİL TANIMA

Şekil tanımada ilk aşama, sınıfları belirleyen özelliklerin saptanmasıdır. Örneğin, 7 rakamının üstte yatay bir çizgiden ve sağ köşeden sol köşeye inen bir eğik çizgiden oluşması bu sınıfın özellikleridir. Bundan sonra şeklin özellikleri bulunur. Sonra bu özellikler sınıfların özellikleriyle karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu tanınacak şeklin, sınıflarla olan ortak özelliklerinin sayısı bulunur ve şekil, en çok ortak özelliğe sahip sınıfa dahil edilir. Şekil 1'de bu ilkeye göre çalışan bir makinanın yapısı gösterilmektedir. Bugünkü özdevimsel şekil tanıma makinalarının hemen hepsi bu ilkeye göre çalışmaktadır.



Şekil 1. Şekil tanıyıcı

### 4. OPTİK KORELATÖRLÜ ŞEKİL TANIYICI

Şekil tanıyıcı makinalardan biri de optik korelatörlü şekil tanıyıcıdır. Aşağıda, yazarın çalışmalarını sonucu geliştirilen bu tür bir makina tanıtılmaktadır.

Makinanın özelliği, tanımda matematik işlemlerin bir kısmının, optik yöntemlerle yapılmasıdır. Böylece makinanın elektronik yapısının oldukça basitleşmesi ve tanıyıcının-ucuza maledilmesi sağlanmıştır.

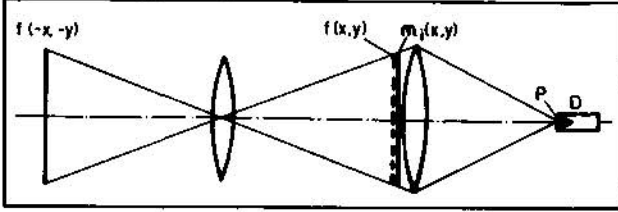
Makinanın yapımına geçmeden önce makinanın hangi kurala göre karar vereceğini seçmek gerekir. Bugün özdevimsel şekil tanımda, çeşitli tanıma kuralları uygulanmaktadır. Tanıma kuralının seçilişi, sınıfları meydana getiren şekillerin birbirine benzerlik derecesine göre yapılmalıdır. Çünkü benzerlik derecesi azalınca tanıma zorlaşmakta ve dolayısıyla daha karmaşık tanıma kuralları seçmek gerekmektedir. Makina yazısının benzerlik derecesi yüksek olduğundan, tanıma basit kurallara göre yapılabilir. Kural ne kadar basit olursa, yapılacak matematik işlem de o kadar azalmakta ve dolayısıyla makina ucuzlamaktadır. Bu sorunları göz önünde tutarak seçilen tanıma kuralını şöyle özetleyebiliriz: Tanınacak şeklin sınıflara olan uzaklığı geometrik anlamda saptanır. Bu uzaklıklar içinde en kısası bulunur ve şeklin bu sınıfa dahil olduğuna karar verilir. Matematiksel olarak tanınacak şekil, iki değişkenli bir işlemdir. Bu işlemin değeri, kağıdın yazılmamış kısımlarında, yani kağıdın beyaz olduğu yerlerde 1, siyahlanmış yerlerde 0 dir. Sınıfların her birini, sınıfın tüm özelliğini kapsayan bir işlev tanımlar. Buna göre belli bir şeklin, herhangi bir sınıfa olan uzaklığı şu eşitliğe göre bulunur:

$$u_i = \int_{\Omega} [f(x,y) - m_i(x,y)]^2 dx dy \quad (1)$$

Bu denklemde  $f(x,y)$  şekil işlevi;  $m_i(x,y)$ ,  $i$  sınıfına ait özellik işlevi ve  $F$  şeklin tanıma alanıdır.

Tanınacak şekil  $i$  sınıfında ve özellik işlevinin aynısı olursa,  $f(x,y)$  ile  $m_i(x,y)$  nin farkı 0 olacaktır ve dolayısıyla  $u_i$  de 0 değerini alacaktır. Şekli tanıyabilmemiz için karşılaştırmayı bütün sınıflarla yapmamız gerekmektedir, örnek olarak bir  $k$  sınıfını alalım. Bu sınıfın özellik işlevi  $f(x,y)$  ile aynı olamayacağından,  $u_i$  sıfırdan büyük bir değer olacaktır. Aynı şekilde, diğer sınıflar için hesaplanan değerler de sıfırdan büyük olacaktır. Bulunan en küçük  $u_i$  değeri şeklin ait olduğu sınıfın olacaktır. En küçük  $u_i$  değerini bulmakla şekli tanımlayacağız. Uzaklık kuralı adı altında tanınan bu kural, birkaç yıl öncesine kadar birçok makina tanıma kuralı olarak kullanılıyordu. Bu kuralı sayısal makinalarda gerçekleştirmek çok kolayken optik olarak, örneksel yoldan gerçekleştirmek çok güçtür. Verilen bir ifadenin karesini optik yoldan almak mümkün değildir. Ancak açarsak tanıma denk-

## 6. teknik kongre



Şekil 2.  $f(x,y)$  ile  $m_{\pm}(x,y)$ ın optik yolla çarpılması

İşlem (1) i basitleştirmek mümkün olacaktır.

$$i = \int_{\Sigma} f^2(x,y) dx dy \quad (2)$$

$$- 2 \int_{\Sigma} f(x,y) m_1(x,y) dx dy + \int_{\Sigma} m_2^2(x,y) dx dy$$

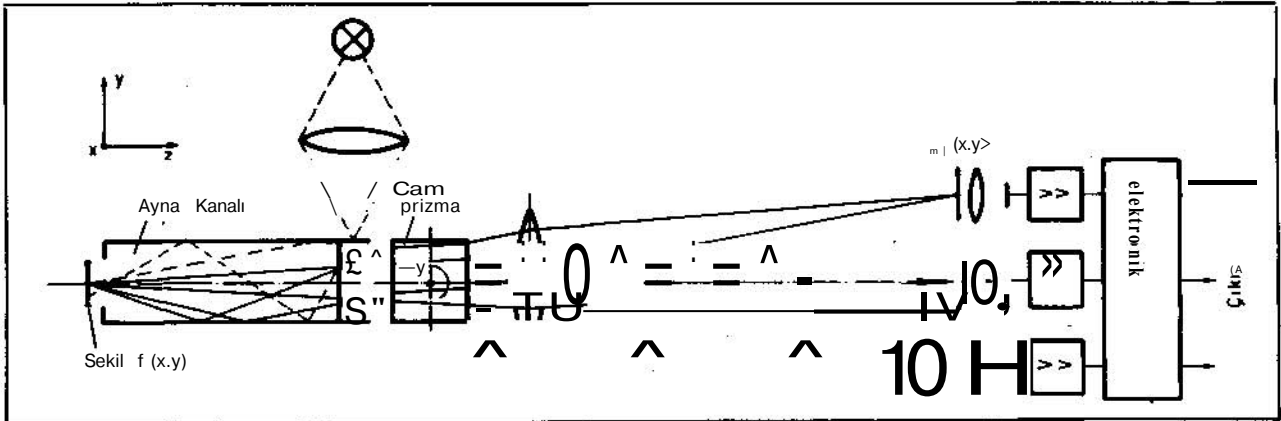
Bu denklemdeki ilk terim hesaplanacak bütün u değerlerinde ortaktır. Çünkü bu terim yalnız verilen şeklin işlevinden elde edilmekte ve sınıfların özellikleri terimin değerini etkilememektedir. Bu terim hesaplanan bütün u değerlerinde eşit olduğu için karar vermek için en küçük u değerini aradığımızda hiçbir şekilde etkin olamayacaktır. Öyleyse biz bu terimi karar verme işlemine katmayabiliriz. Birinci terimi attıktan sonra daha basit bir tanıma denklemi elde edilir:

$$\bar{u}_1 = -2 \int_{\Sigma} f(x,y) m_1(x,y) dx dy \quad (3)$$

$$+ \int_{\Sigma} m_1^2(x,y) dx dy$$

Şimdi bu tanıma denklemini optik yoldan gerçekleştirmeye çalışalım. Tanıma denkleminin ilk teriminde tanınacak şekil bir sınıfın özellik işleviyle çarpılıyor ve elde edilen sonucun tanıma alanında tümlevi (integrali) alınıyor. Elektriksel yoldan pahalıya mal olan ve uzun süren bu iki işlem optik yoldan kolaylıkla yapılabilir. Bu iki işlemi optik yoldan yapabilmek için  $m_1(x,y)$  işlevinin film üzerinde saydam olarak kaydedilmesi gerekir. Bu filmi elde ettikten sonra ilk terimdeki matematiksel işlemi Şekil 2 de gösterildiği gibi iki mercekle yapabiliriz.

Şekil 2'de, birinci mercekle  $f(x,y)$  işlevinin görüntüsünü  $m_1(x,y)$  işlevi üzerine düşürüyor.  $m_1(x,y)$  işlevinin hemen arkasındaki ışık dağılışı  $f(x,y) \cdot m_1(x,y)$  dir. Çünkü  $f(x,y)$ nin görüntüsünden çıkan ışık filmden geçerken geçtiği yerdeki filmin geçirgenliği derecesinde şiddetinden kaybedecektir. Böylece her nokta için  $f(x,y)$ nin ışık şiddetiyle  $m_1(x,y)$  işlevinin geçirgenlik dereceleri çarpılmış olacaktır, tki işlevi böylece basit bir şekilde çarptıktan sonra tüm ifadeyi elde etmek için tümlev almamız gerekiyor. Tümlev alma işlemi de ikinci bir mercekle filmin arkasındaki ışınları bir noktaya topluyarak gerçekleştirilebiliriz. Işınların bir araya toplandığı noktada, bir fotodiyotla ışık şiddetini elektrığe çevirip, fotodiyotun verdiği akımı ölçerek tanıma denklemi (3)ün ilk teriminin değerini elektriksel olarak buluruz. Bu değer yalnız 2 katsayısı ile çarpılması gerekmektedir. Bu işlemi de elektriksel olarak yapabiliriz. Tanıma denklemindeki ikinci terim ise sınıftan sınıfa değişen fakat tanınacak şekle bağlı olmayan bir değerdir. Bu değer bir kere hesaplanıp makineye kaydedilerek sürekli olarak kullanılabilir. Bu durumda tanıyıcının çalışması şöyle olacaktır: Her sınıf için tanıma denkleminin birinci terimi optik yöntemle hesaplanır, sonuç elektriksel değere çevrilir ve 2 katsayısı ile çarpılır. Bu değer makinede kayıtlı bulunan ikinci terimin değerinden çıkartılarak  $\bar{u}_1$  değeri elde edilir. Bu işlemi bütün sınıflar için yaptıktan sonra hesaplanan  $\bar{u}_1$  değerlerinin en küçükü aranır, ve bilinmeyen şeklin en küçük İT değerine sahip olan sınıfa ait olduğuna karar verilir. Makinanın hızını artırmak için tek çıkar yol, yapılan işlemleri bütün sınıflar için aynı anda koşturarak yapmaktır. Koşturarak çalışmak için  $f(x,y)$  görüntüsünü sınıf sayısı kadar fazlaletirmek gerekmektedir. Şekil 3'deki makinede şeklin görüntüsünü çoğaltma işlemi optik olarak aynalardan yararlanarak gerçekleştirilir. Ayna kanalı dört aynanın birleşmesinden meydana gelmiştir. Aynaların birbiriyle yaptığı açı 90 de-



Şekil 3. Optik korelatörlü şekil tanıyıcı

