

Uzaktan Su Sayacı Okuma Sistemlerinde Karakter Tespiti

*¹Kadir Gönen , ²Ugur Can Yazıcıoğlu and ³Şükrü Görkem Çil

*¹⁻²⁻³Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering Sakarya University, Turkey

Abstract

In this study, a method for finding the values on the water meter is introduced. The aim of the study is to develop a method of finding the value on the 2- dimensional image of the water meter forming entrance space with high accuracy. The proposed method by using water meters of clear color dark characters or vice versa feature on the background of which suppress the region without the character of the area will be the character region is used for the top-line conversion. Systems , pre-processing, thresholding function , morphological operations and neighbor algorithm is composed of subunits. Success percentage of the system is a high level , even with different sized characters.

Key words: OCR (Optical Character Recognition) , Water Meter Reading , KNN Algorithm of neighborhood .

Özetçe

Bu çalışmada, su sayacı üzerindeki değerleri bulmaya yönelik bir yöntem tanıtılmaktadır. Çalışmanın amacı giriş uzayını oluşturan 2-boyutlu bir görüntüden su sayacı üzerindeki değeri yüksek doğrulukla bulan bir yöntem geliştirmektir. Önerilen metot ile su sayacının açık renkteki arka planı üzerindeki koyu karakterler veya tam tersi durum özelliği kullanılarak, karakter bulunmayan bölgeleri bastırarak, karakter bölgesi olabilecek bölgeleri ön plana çıkartarak top-hat dönüşümü kullanılmıştır. Sistem, ön işlemler, eşikleme fonksiyonu, morfolojik işlemler ve komşuluk algoritması alt birimlerinden oluşmaktadır. Sistemin başarı yüzdesi, farklı ölçekli karakterlerde bile yüksek seviyede olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: OCR(Optik Karakter Tanıma), Su Sayacı Okuma, KNN Komşuluk Algoritması.

1. Giriş

Günlük yaşamımızda; su, doğalgaz ve elektrik önemli yer tutmakta, dağıtım kuruluşlarına abone olunarak ev ve işyerlerinde kullanılmaktadır. Abonelerin tüketim miktarlarının belirlenebilmesi için kullanılan sayaçlar belirli zaman aralıklarında dağıtım kuruluşuna ait görevliler tarafından okunmakta ve iki okuma işlemi arasında harcanan miktara göre faturalandırma işlemi sayaç mekanında gerçekleştirilmektedir

Mevcut Abone Yönetim Sistemlerinde, sayaç okuma hizmetlerinde saha ekipleri tarafından el terminalleri kullanılmaktadır. El terminalleri, çeşitli programları kullanarak sahadan veri toplamayı sağlayan taşınabilir mobil cihazlardır. El terminallerinin kullanım amacı online veya offline bilgi transferidir. Sayaç okuma için görevlendirilen personelin el terminali kullanmasında bazı zorluklar ve problemler yaşanabilmektedir. Bu zorluklar, el terminalinin teknik yapısına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Ama genel olarak gözlemlenen zorlukların başında; ekranlarının küçük olması, yavaş işlem yapması, ağır olması, kalem kullanma gereksinimi, konum bilgisi alınmaması, şarj süresinin az olması, fotoğraf çekmemesi ve pahalı olması gelmektedir

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: kadir.gonen1@sakarya.edu.tr, Phone: +905436680353

Su, doğal gaz ve elektrik şebekelerinde tam otomasyona geçme çalışmaları uzun yıllardan beri adım-adım yürütülmektedir. Ülkemizin 2023 stratejik vizyonu doğrultusunda akıllı şebekeye geçilmesi için öneriler sunulmakta , [1] şebekedeki teknik kayıpları ve usulsüz enerji kullanımlarını anlık olarak tespit etmeye yönelik yöntemler önerilmektedir . [2] Ancak devlet yönetimi seviyesinde gelecekteki hedefler tamamlanıncaya, gerekli altyapı çalışmaları yapılınca ve uygulanabilir hale gelinceye kadar, yazılımların şu anki günümüz altyapısına ve takılı sayaç teknolojilerine uygun geliştirilmesi gerekmektedir.

Otomatik Sayaç Okuma konusunda ilk aşamada çalışmalar; sadece sayaçların otomatik olarak okunması yönünde yapılmış, daha sonrasında ise, sayaç okumaya bazı yeni yan fonksiyonlar (sayaçların açılması / kapatılması gibi) eklenerek sayaç yönetimi sağlanmaya çalışılmıştır . [3] Mobil Uzaktan Sayaç Okuma Sistemlerinde, içerisine bilgisayar destekli sistem yerleştirilmiş motorlu aracın mahallede dolaşmasıyla veya saha elemanlarının kullandıkları el terminalleri ile Radyo Frekanslı kullanılarak okuma işlemi yapılabilmektedir. GPRS ile Uzaktan Sayaç Okuma Sistemlerinde ise, sayaçlardan otomatik olarak okunan bilgiler GPRS aracılığıyla iletilir ve idareler tarafından kayıt altına alındıktan sonra tüketim miktarlarına göre faturalandırma yapılır. Uzaktan sayaç okuma sistemlerinde kullanılabilecek iletişim ağ alternatifleri dört ana grup olarak belirlenmiştir, bunlar: (i) Enerji hatları üzerinden iletişim, (ii) Telefon hatları üzerinden iletişim (PSTN, ISDN, ADSL), (iii) Özel kablosuz veri ağları (Radyo Frekanslı Dalgalar, Bluetooth, ZigBee, Wireless LAN) ve (iv) Halka açık kablosuz veri iletişim ağlarıdır (GSM, Mobitex, LEO uyduları, ISM bandı) [4].

Otomatik sayaç okuma sistemlerinde çeşitli problemlerle (sayaçların tümüne ulaşamaması, hatalı okumaların olabilmesi, enerji tüketimi, altyapı eksikliği, güvenlik, maliyet vb.) karşılaşılmaktadır. Tüm bu problemlerin aşılması, ülkemizdeki tüm takılı sayaçların çözüme uygun yenilenmesi ve altyapının uygun hale getirilmesi zaman alacaktır. Bu bildirideki çalışmada ise, mevcut su ve doğal gaz sistemlerine uygun bir çözüm geliştirilmektedir.

Karakter Tanıma Nedir?

Karakter tanıma problemi, en genel anlatımla, bir takım semboller içeren bir belgeyi bilgisayara görüntü olarak aktarma ve belgeyi oluşturan karakterleri ön işleme vasıtasıyla tespit ettikten sonra önceden bilinen yada tanınan karakterlerle eşleştirme işlemi olarak tanımlanabilir [5][6]

İlk karakter tanıma çalışması, körler için Rus bilim adamı Tyurin tarafından 1900 yılında yapılmıştır. 1950'li yıllarda donanım olarak tasarlanan OKT makineleri, farklı fontlardaki rakamları tanıyabilmekteydi. 1970'lerde ise farklı fontlardaki metinler yazılımla tasarlanan otomatik metin okuyucuları ile okunabilmekteydi. O ana kadar okuma algoritmaları ana yapılarla ve mini bilgisayarlarla yapılmaktaydı. 1980'lere gelindiğinde ise okuma makineleri iyice yaygınlaşmıştı ve aynı sayfada yer alan farklı fontlardaki metinler bile tanınmaktaydı. Ancak asıl gelişme, kişisel bilgisayarların marketlerde yer alması ve yaygın olarak kullanılmasıyla başladı. Bazı ticari firmalar, farklı tarzlardaki yazı şekillerini, hatta el yazısını, farklı dillerin alfabelerini yüksek oranlarda çevrimdışı olarak tanımayı başardılar [7] [8][9] Karakter tanıma ile bilgisayara okuma özelliği kazandırıp işlemlerin daha hızlı yapılması amaçlanmaktadır.

Optik Karakter Tanıma

Diğer bir tanımlama ile, elle veya makine ile yazılmış yazıların bilgisayar tarafından

tanınmasına çok genel terimiyle OCR (Optical Character Recognition,(Optik Karakter Tanıma)) adı verilmektedir [10][6]. Optik karakter tanıma sistemlerine dışarıdan verilecek olan girdiler sistemin iki şekilde adlandırılmasına sebep olmaktadır. Çevrimiçi tanıma sistemleri ve çevrimdışı tanıma sistemleri [10][16] . Çevrimdışı optik karakter tanıma sistemlerinde girdi olarak bir dokümanın bilgisayar diline çevrilmiş resmi verilebilmektedir. Bu doküman tarayıcıdan alınmış bir yazı olabildiği gibi resimleştirilmiş başka bir girdi de olabilmektedir. Çevrimiçi optik karakter tanıma sistemlerinde dijital tabletler üzerine yazılan yazının anında tanınması gerçekleştirilmektedir. Günümüzde Optik Karakter Tanıma sistemleri gelişen teknolojiyle birlikte birçok alanda kullanılmaktadır [11][12][13][14][16].

Karakter tanıma günümüzde çok sık kullanılan örüntü tanıma işlemlerinden biridir. Karakter tanıma elektronik görüntüler üzerindeki karakterlerin ya da metin bilgilerinin okunarak işlenmesi olduğundan bu işlem için çeşitli görüntülerin veya metinlerin bilgisayar tarafından işlenebilecek sayısal veriler haline dönüştürülmesi gerekmektedir[15][16]. Sayısal verilerin anlamlandırılması için görüntü işlemenin temel adımlarından bu sayısal verilerin geçirilmesi gerekmektedir. Temel örüntü işleme adımları olan görüntü işleme, özellik çıkarma ve sınıflandırma aşamalarından özellik çıkarma işlemi tüm örüntülerin belirli sınıflandırıcılara tabi tutulmadan önce karşı karşıya kaldığı bir işlemdir. Bu nedenle çok önemli bir adımdır. Bu aşamanın kimi zaman gereğinden fazla zaman aldığı bir gerçektir Görüntü işleme adımlarından özellik çıkarma işleminin doğru yapılması çalışmanın devamında kolaylık sağlayacağı gibi görüntünün yorumlanması için sınıflandırıcının seçiminde de etkili olmaktadır. Görüntü işleme adımlarında bir karakter tanıma işleminde kullanacağımız temel işlemler şöyle tanımlanabilir[15][16]:

Görüntü Sınırlama: Tanıma işleminin gerçekleştirebilmesi amacıyla yapılacak ileri adımlarda ki işlemlerin kolaylaştırılabilmesi için çeşitli çevresel sınırlamalar getirerek düzenlemeler yapılmasıdır. [16]

Görüntü Yakalama: Tanıma sistemine verilecek örüntünün sayısallaştırılmasıdır[16]

Ön İşlemler: Görüntü işlemenin bir sonraki adımları için elde edilmiş sayısal görüntünün piksel değerlerinin değiştirilip düzenlenmesidir. [16]

Özellik Çıkarma: Tanıma işlemine verilecek olan görüntünün belli özelliklerinin ve buna bağlı olarak belli noktaların seçilip belirlenmesi ve gruplandırılmasıdır. [16]

Yorumlama: Görüntü anlamlandırılıp tanımlanmasıdır. Çalışmanın geri kalan kısmında burada kısaca bahsedilen Düzenli Özellik Çıkarma Yönteminin karakter tanıma problemine nasıl uygulanabileceği anlatılmıştır. [16]

Optik karakter tanıma sistemine örnek olarak gösterebileceğimiz An OCR System for Numerals Applied to Energy Meters (Enerji Sayaçları Uygulamasındaki Numaralar için Optik Karakter Sistem) bu çalışma Yapay Sinir Ağları kullanarak güç ölçüm cihazlarının okuma basamakları için tasarlanmış bir OCR (Optik Karakter Tanıma) sisteminin bir prototipini anlatır. Bu iş için motivasyon bir ön ödemeli elektrik sisteminde kullanılmak üzere alternatif bir otomatik ölçüm sisteminin uygulanmasıdır. Sinir Ağları aracılığıyla bilgisayarla görme teknikleri ve örüntü tanıma kullanarak , prototip yazılımı C ++ / Windows platformlarında uygulanmaktadır. Doküman analizi-anlama ve optik karakter tanıma sistemi konulu tez çalışmasında, temel olarak A4 boyutunda 300x300 dpi çözünürlük ile taranmış, karmaşık sayfa düzenindeki dokümanları otomatik olarak işleyebilen komple bir Doküman Analiz-Anlama ve Optik Karakter Tanıma Yazılımı mikrobilgisayar ortamında yüksek tanıma yüzdesi, yüksek tarama hızı ve en az donanım ihtiyacı

amaçlanarak geliştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında geliştirilen yazılım OKU s.2.0 Doküman Analiz-Anlama ve Optik Karakter Tanıma Yazılımı olarak adlandırılmaktadır. Geliştirilen yazılım doküman görüntüsündeki tarama çarpıklıklarını otomatik olarak tespit edip düzeltebilmekte, birden fazla sütun içeren dokümanlar içerisindeki blokların pozisyonlarını doğru olarak tespit edebilmekte, bulunan blokları metin, resim/grafik/çizelge, yatay çizgi ve dikey çizgi olarak sınıflandırabilmekte vb. birçok işlem yapabilmektedir. Optik karakter tanıma tabanlı otobüs sınıflandırma uygulaması adlı tez çalışmasında ise akıllı telefonlar üzerinden bir otobüs güzergâh numarasının otomatik olarak okunması için makine öğrenimi ve bilgisayar görüşü algoritmaları bir araya getirilmiştir. Bu çalışma görme engelli insanların şehir senaryolarına adaptasyonunu arttırmak için çok yararlı olabilir. Standart görüntü eşleme metotları yansıtıcıların bolluğu, görüntülerin üst üste gelmesi, aydınlık seviyesinin değişmesi, parlak noktaların oluşması, gölge oluşumu ve bakış açısı değişikliği gibi durumlarda hatalarla karşı karşıya kalabilmektedir. Bu sorun "cascade of classifiers" algoritması ile otobüsün ön yüzünün belirlenmesi ve elde edilen ön yüzde geometrik varlıkların yerlerinin bir model yardımıyla belirlenmesi, ondan sonra bu varlıklar üzerinden görüntü eşleme yapılmasıyla çözülür.

2. Sistem Altyapısı

2.1. Knearest Algoritması

K En Yakın Komşu yöntemi, sınıflandırma problemini çözen denetimli öğrenme yöntemleri arasında yer alır. Yöntemde; sınıflandırma yapılacak verilerin öğrenme kümesindeki normal davranış verilerine benzerlikleri hesaplanarak; en yakın olduğu düşünülen k verinin ortalamasıyla, belirlenen eşik değere göre sınıflara atamaları yapılır. Önemli olan, her bir sınıfın özelliklerinin önceden net bir şekilde belirlenmiş olmasıdır. Yöntemin performansını k en yakın komşu sayısı, eşik değeri, benzerlik ölçümü ve öğrenme kümesindeki normal davranışların yeterli sayıda olması kriterleri etkilemektedir.[24]

2.2. Morfolojik İşlemler

Matematiksel morfoloji, lineer olmayan komşuluk işlemlerinde güçlü bir görüntü işleme analizidir. Bu işlemler temel olarak küme işlemidir.

Amaç: İleride bahsedeceğimiz bölütleme olayında ele alınan bölgenin, verinin düzenlenmesi amacıyla kullanılır. Bunlar erosion(aşındırma) ve dilation(genişletme) işlemleridir.

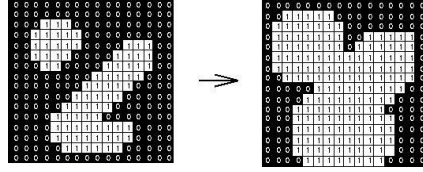
Genişletme İşlemi (Yayma): İkili imgedeki nesneyi büyütme ya da kalınlaştırmaya yarayan morfolojik işlemidir. Sayısal bir resmi genişletmek resmi yapısal elemanla kesiştiği bölümler kadar büyütme demektir. Kalınlaştırma işleminin nasıl yapılacağını yapı elemanı belirler. [17][19][20](bknz. Şekil 1)

$$A \oplus B = \{z \in Z^2 \mid z = a + b, a \in A \vee b \in B\} \quad [17]$$

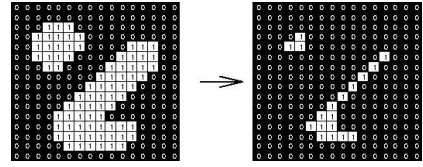
Aşındırma işlemi: İkili imgedeki nesneyi küçültmeye ya da inceltmeye yarayan morfolojik işlemidir. Aşındırma işlemi bir bakıma genişletmenin tersi gibidir. Aşındırma işlemi ile sayısal

resim aşındırılmış olur. Yani resim içerisindeki nesneler ufalır, delik varsa genişler, bağlı nesneler ayrılma eğilimi gösterir.[17][19][20] (bkzn. Şekil 2)

$$A \ominus B = \{z \mid z+b \in A, \forall b \in B\} \quad [18]$$



Şekil 1: 3x3 yapısal elemanı ile genişletme işlemi



Şekil 2: 3x3 yapısal elemanı ile aşındırma işlemi

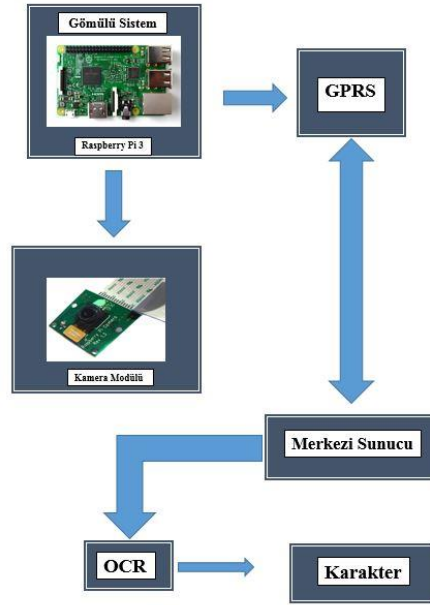
2.1. Segmantasyon İşlemi(Bölütleme)

Görüntü bölütleme bir görüntünün bir ya da daha fazla karakteristiğe veya özelliğe göre sınıf ya da alt küme denilen bölgelerine ayrılması, aynı karakteristiğe sahip, ilgilenilen alanların arka plandan ve diğer alanlardan ayrılarak belirgin hale getirilmesidir.[21] Görüntü işlemede gerçekleştirilen en zor adım görüntü bölütlemedir. Daha sonra yapılacak olan görüntü analizlerinin ve ilgili uygulamaların başarılı olması büyük ölçüde görüntü bölütlemenin başarısına bağlı olmaktadır.

3. Yöntem

3.1. Sistem

Sistemin 2 alt ana kısmı bulunmaktadır. Birincisi gömülü sistem yazılımı diğeri ise ocr yazılımıdır. İlk kısım için C tabanında yazılımlar gerçekleştirilmiştir. Raspberry Pi + Camera +GPRS Modül kullanılmaktadır. 2 kısmın da adımları aşağıda verilmiştir.



3.1.1.OCR Sistemi

Gelen su sayacı görüntüsüne ön işlemler uygulanır.

3.1.1.1.Filtreleme(kenar bulma)

Filtreler görüntü zenginleştirme amacı ile de uygulanan, adından da anlaşılacağı gibi görüntüde belirli ayrıntıların ayıklanması ya da daha belirgin hale getirilmesi vb. gibi operasyonları gerçekleştiren operatörlerdir. Biz bu projede kenar bulma operatörünü kullandık.[23]

3.1.1.2.Keskinleştirme

Keskinleştirme operatörleri adından da anlaşılacağı üzere görüntüdeki küçük detayların (yüksek frekanslı bileşenler), köşelerin daha belirgin hale getirilebilmesi işleminde kullanılır.[23]

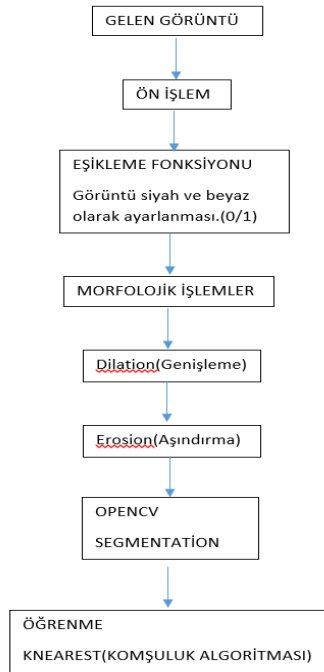
3.1.1.3.Görüntü Yumuşatma

Görüntüdeki gürültünün (bozucu etkinin) yok edilmesi veya indirgenmesinde kullanılır. [22] Çözünürlüğün indirgenmesi işleminde kullanılır. Eğer görüntünün çözünürlüğü çok yüksek ise ön görüntüleme işlemleri için tüm çözünürlüğe gereksinim duyulmaz. Çözünürlüğün indirgenmesi görüntü piramitlerinin oluşturulmasında da kullanılır.[22] Bu bilgilerden yola çıkarak pilot bölge seçilen bir mahalle için veri tabanı hazırlanmıştır. Her evdeki görüntü işletim sisteminde bir id/ad bulunmaktadır. Gelen görüntü ile birlikte adda gelmektedir. Aşağıda da genel şemada verilecek adımlar sırasıyla şu şekilde devam etmektedir.

- 1.Gelen görüntü ve adı veri tabanı ile karşılaştırılır.
- 2.Daha önceden bu ay içinde bu addan ve bu görüntüden gelmiş mi test edilir. Gelmiş ise bir işlem gerçekleştirilmeden algorithmadan çıkılır.
- 3.Gelen görüntüde iyileştirme işlemleri(keskinleştirme) yapılır.
- 4.Gelen görüntüde sayı bölümü kesilir.
- 5.Sayı bölümü binary numbers (ikili sayı) haline getirilir.
- 6.Bu bölüme ayrıca dilation ve closing morfolojik işlemleri de uygulanır.
- 7.OpenCV'nin alan bulma(bölütleme) algoritması bulunur.
- 8.Önceden belirlen boyuttaki alana sahip olanlar tespit edilir.
- 9.Bu alanlar veri tabanı ile tek tek karşılaştırılarak sayılar tespit edilir.
- 10.Belirlenen su sayacı değeri veri tabanına kaydedilir.

3.2.Genel Şema

Bir önceki durumda anlatılan durumların aşağıda şekilleri verilerek genel şema haline getirilmiştir. Buna göre;



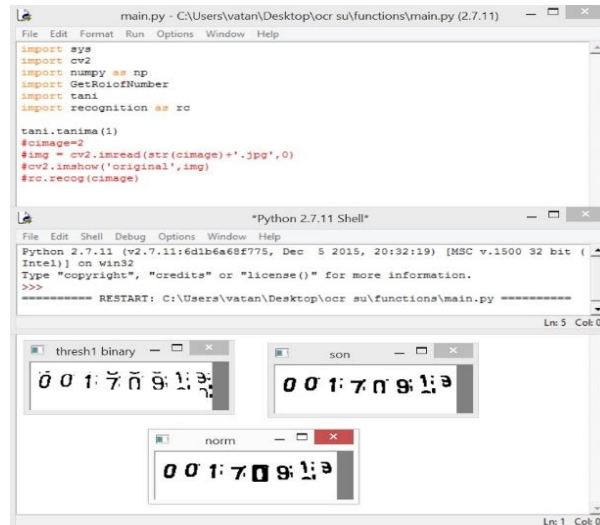
4. SONUÇ

Birincisi gömülü sistem yazılımı diğeri ise ocr yazılımıdır. İlk kısım için C tabanında yazılımlar gerçekleştirilmiştir. K-Nearest algoritması kullanarak geliştirilmiştir. Raspberry Pi + Camera +GPRS Modül kullanılmaktadır. Gerçek zamanlı kamera ve GPRS modülü kullanarak bunu gerçekleştirip ayrıca aşağıdaki sayı dizisine bölütleme yapılmıştır.(Şekil 4)

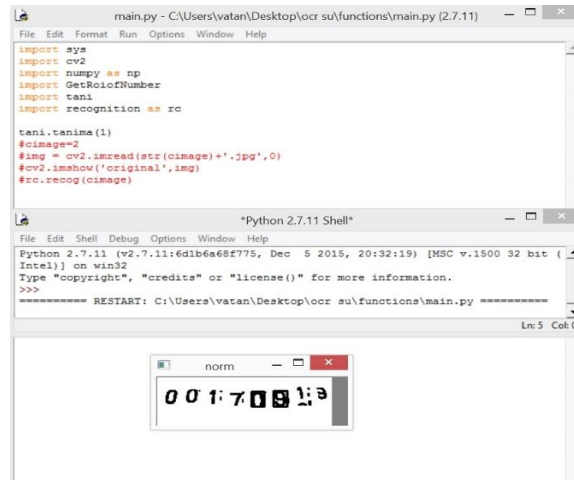
0 1 3 3 4 4 6 7 8 9 2 2 5 6 0 0 9 4 1 1 9 2
 1 2 0 0 9 9 6 4 5 6 3 1 5 7 8 7 8 4 4 2 2 3
 3 3 9 6 7 7 8 4 3 2 2 1 1 0 0 9 7 6 5 4 3 2
 2 2 5 4 7 9 6 0 1 6 5 3 3 2 1 9 8 7 7 8 9 6
 5 7 8 9 8 6 5 4 5 6 3 2 1 0 9 8 7 5 4 3 7 9
 1 9 8 2 5 7 6 3 4 2 1 9 8 6 9 5 0 0 9 8 2 3
 7 8 1 0 9 4 6 0 0 1 7 8 6 3 2 5 5 4 4 9 8 1
 0 0 4 5 9 3 2 5 6 3 4 5 6 2 8 8 6 6 0 9 9 8

Şekil 4 : Sayı dizisi

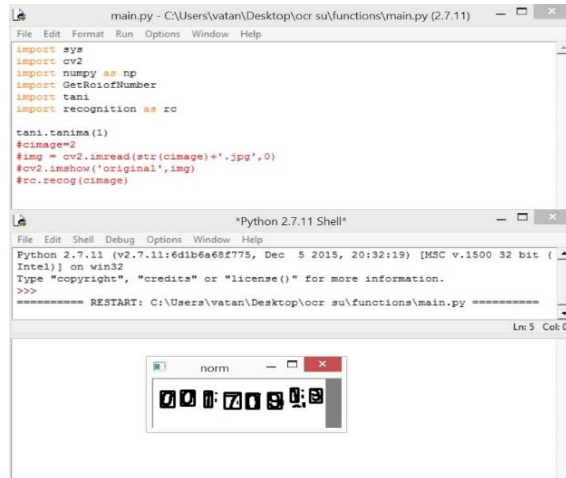
Bu sistem sonucunda karakter tespitinin doğru yapıldığı saptanmıştır.Bu sistemde şablon eşleştirme yöntemi kullanılmıştır. Şablon eşleştirme programda renk,numara vb. şeylerin birbirleriyle eşlenmesini sağlamasıyla bilinir.Geniş olarak ise bilişim alanında, nesnelerin ve şekillerin bellekte bir tür şablon biçiminde temsil edildiği ve şekil tanımanın, algılanan nesnenin şeklinin, bellekteki bu şablonlarla kıyaslanması suretiyle gerçekleştiğini gösterir. Ayrıca sistem sonucunda da başarı oranı yüksek olup aşağıda da sonuçları görsel olarak verilmiştir.



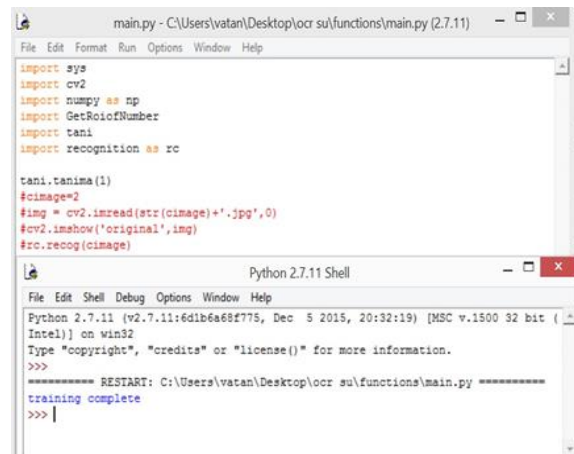
Şekil 5: Karakter Tespit Sonucu 1



Şekil 6: Karakter Tespit Sonucu 2



Şekil 7: Karakter Tespit Sonucu 3



Şekil 8: Karakter Tespit Sonucu 4

Kaynakça

- [1] Kırmızıoğlu, E., 'Ülkemizin 2023 Stratejik Vizyonu Doğrultusunda Akıllı Şebekeye Geçilmesi için Öneriler', İkinci Uluslararası İstanbul Akıllı Şebekeler Kongre ve Fuarı, 8-9 Mayıs 2014, pp 143-147.
- [2] Bayındır, R., Demirtaş, K., 'Smart Grids: Applications of Electronic Meters', Journal of Polytechnic, vol. 17, no 2, 2014, pp 75-82.
- [3] Mettam GR, Adams LB. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones BS, Smith RZ, editors. Introduction to the electronic age, New York: E-Publishing Inc; 1999, p. 281–304.
- [4] Usta, Ö., Sonsuz, K., Ekşi, S., 'Akıllı Sayaç Okunma Sistemleri için Alternatif İletişim Ağlarının Değerlendirilmesi', Elektrik - Elektronik - Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal Kongresi ve Fuarı, 2009
- [5] A. Öztürk, Osmanlıca karakterlerin bilgisayar destekli tanınması, Yüksek lisans tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 1998.
- [6] Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları; 2004 Abdülkadir ŞENGÜR ve İbrahim TÜRKOĞLU - DEĞİŞMEZ MOMENTLERLE TÜRKÇE KARAKTER TANIMA
Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü-ELAZIĞ
- [7] Alshebeili, S. A., Nabawib, A. A. F., Mahmoud, S. A., "Arabic character recognition using 1-D slices of the character spectrum". Signal Processing V. 56, pp. 59-75, 1997.
- [8] Chim, Y. C., Kassim, A., Ibrahim, Y., "Character recognition using statistical moments". Image and Vision Computing V. 17, pp. 299-307, Singapore, 1999.
- [9] Rakam Tanıma için KNN ve LDA Algoritmalarının Karşılaştırılması Halit Çetiner¹, Ömer Kuşcu² / Süleyman Demirel Üniversitesi, Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Bilgi İşlem Merkezi, Isparta.
- [10] B. Yanıkoğlu, A. Kholmatov, Türkçe için geniş Sözcük Dağırcıklı Doküman Tanıma Sistemi, SIU, 2003.
- [11] B. Yanıkoğlu, "Segmentation and Recognition of Off-line Cursive Handwriting", Ph.D. Thesis, Dartmouth College, 1993.
- [12] A. Kornai, K. M. Mohiuddin, S. D. Connell, "An HMM-Based Legal Amount Field OCR System For Based Legal Amount Field OCR System For Checks", Proc. of Intl. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, Vancouver, BC, 1995, pp. 2800-2805.
- [13] Jianchang Mao, Prasun Sinha and K. Mohiuddin, "A System for Cursive Handwritten Address Recognition", Proc. of Intl. Conf. on Pattern. Recognition, Brisbane, Australia, Aug. 1998.
- [14] E.J. Bellagarda, J.R. Bellagarda, D. Nahamoo ve K.S. Nathan, "Aprobabilistic framework for on-line handwriting recognition", Proc. Of the Third International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition, 1993.
- [15] C M Ng ve Vincent Ng, Y Lau , "Regular Feature Extraction for Recognition of Braille", S.2409-2411, 2006
- [16] Sevinç Ay, Asaf Varol, "Karakter Tanıma İçin Düzenli Özellik Çıkarma İşleminin İncelenmesi Ve Uygulanması", Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu (BMYS 2008), 15–17 Ekim 2008, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Bildiriler Kitabı, S.1063-1070
- [17] H. Boztoprak, M. F. Çağlar, M. Merdan, "Alternatif Morfolojik Bir Yöntemle Plaka Yerini Saptama", XII. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi, Eskişehir, Kasım 2007.
- [18] Kızılkaya A. , Görüntü İşleme ders notları, Pamukkale Üniversitesi
- [19] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, -Digital Image Processing Using MATLAB.
- [20] Özgür Özşen, Matematiksel Morfoloji Kullanılarak Göğüs Kanserinin Erken Teşhisi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- [21] Koh, J., Suk, M., Bhandarkar, S.M., "A multilayer Kohonen's self-organizing feature map for range image segmentation", IEEE International Conference on Neural Networks, San Francisco, CA, USA, vol.3., 1270-1275, 1993.
- [22] Mustafa Önder, Uydu Görüntülerinden -Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemine Temel Oluşturacak Nitelikte Topografik Harita Üretimine Yönelik Analiz ve Öneriler, YTÜ FBE, Doktora Tezi, 1997
- [23] Prof.Dr. Bülent BAYRAM-Sayısal Görüntü İşleme Ders Notu
- [24] Kırmızıgül S. ,Soğukpınar İ. , K×KNN: K-Means ve K En Yakın Komşu Yöntemleri ile Ağlarda Nüfuz Tespiti