

Fatura Görüntüsü Analizi İçin Bir Eniyileme Yaklaşımı

An Optimization Approach For Invoice Image Analysis

Enes Aslan^{1,2} Tuğrul Karakaya^{1,2}
¹GIT Vision Lab, <http://vision.gtu.edu.tr/>,
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Gebze Teknik Üniversitesi
Kocaeli, 41400, Türkiye
akgul@gtu.edu.tr

Ethem Unver² Yusuf Sinan Akgul¹
²Ar-Ge Bölümü
Kuveyttürk Katılım Bankası
Kocaeli, Türkiye
{enes.aslan, tugrul.karakaya, ethem.unver}
@kuveytturk.com.tr

Özetçe— Otomatik fatura görüntüsü işleme ve faturadan bilgi çıkarımı iş dünyası ve akademik çevrelerde ilgi çekici bir problem olmuştur. Katılım bankalarında fon kullandırım işlemi faturalar aracılığı ile gerçekleştirildiğinden fatura analizi çok büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma, fatura sınıflarından bağımsız iki fazlı bir eniyileme yaklaşımı ile faturaların alanlarının analizini önermektedir. İlk fazda Destek Vektör Makineleri (DVM), Eniyi Entropi (EE), Yönlü Gradyan Histogramı (YGH) gibi bireysel fatura alan bulucuları kullanılmaktadır. İkinci fazda ise Parça Tabanlı Model (PTM) yaklaşımı uygulanmaktadır. İkinci fazın temel fikri, fatura alanlarının yerlerinin farklı faturalarda değişebilir olduğunu varsayarak ilk fazda her alan için bulunan adaylar arasından en uygun adayları seçmektir. PTM modeli eniyileme yöntemine dayalı olduğu için, modelin temel avantajı fatura tipinin önceden bilinmesine gerek duymamasıdır. Önerilen sistem gerçek faturalar üzerinde test edilmiştir ve sonuçlar gerçek dünya kullanımı için ümit verici bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler — fatura görüntüsü işleme, parça tabanlı model, eniyileme

Abstract— Automated invoice processing and information extraction has attracted remarkable interest from business and academic circles. Invoice processing is a very critical and costly operation for participation banks because credit authorization process must be linked with real trade activity via invoices. Therefore this paper proposes a new invoice parsing method that uses a two-phase optimization structure and eliminates invoice classes. The first phase uses individual invoice part detectors such as SVM, maximum entropy and HOG to produce candidates for the various types of invoice parts. At the second phase, the basic idea is to parse an invoice by parts arranged in a deformable composition. This system can handle any type of invoice because PBM is an optimization based method. The

proposed system is tested with real invoices and found to be promising for real world employment.

Keywords—image processing, part based modeling, optimization

I. GİRİŞ

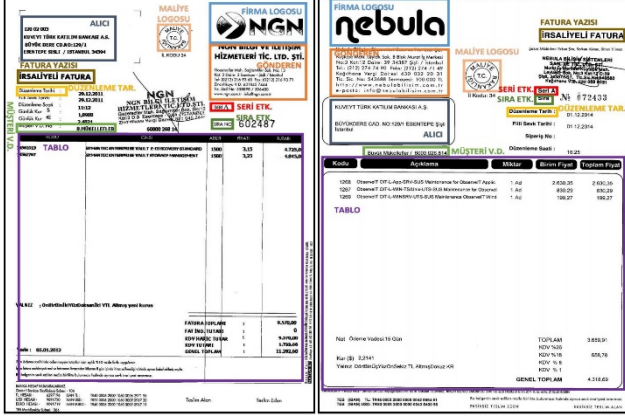
Sayısal görüntülerden finansal veri çıkarımı akademik [8] ve iş dünyası [11] çevrelerinin büyük ilgisini çekmiştir. Katılım bankaları, diğer bankalara oranla bu işlemlere daha çok ihtiyaç duymaktadırlar [1]. Katılım bankaları, fon kullandırım işlemlerinde müşterilerden banka adına yaptıkları alış işleminin ispatını gerektiren dokümanları talep etmektedirler [2]. E-fatura sisteminin gittikçe yaygınlaşmasına rağmen, basılı faturalar yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Elektronik faturaların kullanıldığı kurumlarda yine bu faturaların görüntüleri saklanmaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre bir faturanın işlenmesi 9 Euro'ya mal olmaktadır [7]. Benzer şekilde yaptığımız hesaplamalar, bu işlem için Kuveyt Türk'ün her sene 3250 adam/gün harcadığını göstermektedir.

Faturalar, faturayı oluşturan kurum, ürün ve hizmet tipinin farklı olması gibi nedenlerle çeşitlilik göstermektedirler ve bu nedenlerle faturalar yapısal olmayan en yaygın finansal doküman tiplerindedir [10]. Eğer bir faturanın temel yapısı bilinirse, bu faturanın analizi nispeten kolay bir hale gelmektedir. Bu nedenle fatura analizi çalışmalarının birçoğu faturaları daha önce bilinen fatura tiplerine göre sınıflandırma üzerine odaklanmaktadır. Bazı çalışmalarda DVM tabanlı bir sınıflandırıcı kullanılarak daha önce bilinmeyen sınıfların belirlenmesi sağlanmıştır. Bu çalışmalarda yeni bir fatura, mevcut bir sınıfa atanabileceği gibi ilgili fatura için yeni bir fatura sınıfı da oluşturulabilmektedir. Diğer bazı çalışmalarda da faturaların görüntü özellikleri kullanılarak sınıfları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu belirleme

Bu bildiriye ilişkin çalışmalar 2209-B Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Destekleme Programı kapsamında TÜBİTAK ve 3130882 nolu TEYDEB projesi kapsamında Kuveyttürk Katılım Bankası kurumları tarafından desteklenmiştir.

esnasındaki kaşe, imza vb. küçük farklılıkları göz ardı edecek çalışmalar yapılmıştır.

Bir diğer fatura analizi çeşidi durum tabanlı çıkarsama yöntemini kullanmaktadır [3]. Bu yöntem mevcut problemi çözmek için daha önce öğrendiği yöntemleri kullanmayı temel almaktadır. Eğer bir eşleşme mümkün değilse yeni bir fatura yerleşim sınıfı oluşturulmaktadır



Şekil 1. İki faturanın alanlarının işaretlenmesi (renkli dikdörtgenler). Alanların yerleşimindeki farklılıklara dikkat ediniz.

smartFIX [4] kural tabanlı çalışıp, fatura görüntülerini genel veya fatura üreticisine has bir takım çıkarım kuralları kullanarak sınıflandırmaktadır. Bilinen veya yeni oluşturulan fatura sınıflarını kullanan smartFIX de [3]'te belirtilen yöntemle benzer şekilde durum tabanlı çıkarsama yöntemini kullanarak bilinmeyen sınıftaki faturalardan bilgi çıkarımını sağlamaktadır.

Fatura işlemeye dair literatürde görülen çalışmaların ortak özelliği faturaları sınıflandırmayı temel almalarıdır. Faturanın ait olduğu sınıf belirlenebilirse faturanın analizi basit bir hal almaktadır. Sonuç olarak bu tarz çalışmalar için faturanın sınıfının belirlenmesi kritik önem arz etmektedir. Fatura sınıflandırma aşamasında yapılacak herhangi bir hata faturanın analizini geçersiz ve imkânsız yapmaktadır. Gerçek dünya uygulamalarında çok büyük sayıda ve farklı kurumlardan gelen faturalar işlenmektedir. Fatura sınıfındaki bu büyük artış, sınıflandırma işlemini zorlaştırarak hataya açık hale getirmektedir. Sınıf sayısı arttıkça kural tabanlı yöntemler kullanan çalışmaları gerçekleştirmek, fatura sınıflarını saklamak ve yönetmek çok daha büyük emek gerektirmektedir.

Bu çalışma, fatura sınıflarının tespitine ihtiyaç duymayan yeni bir eniyileme yöntemi önermektedir. Bütün faturalar tek bir sınıfa aitmiş gibi işlem görmektedirler. Çalışmamız, fatura analizi işlemini, insan veya yüz tespiti gibi genel nesne tespiti problemlerine benzetmektedir. İnsan bedenindeki geometrik yerleşim farklılıkları, ten rengi, giysi farklılıkları, kamera konumları gibi problemler insan ve yüz tespitini zorlaştırmaktadır. Fatura analizi işlemi de bundan çok farklı değildir. Bu çalışmada önerilen PTM modelinin parçalarını, faturanın alanları

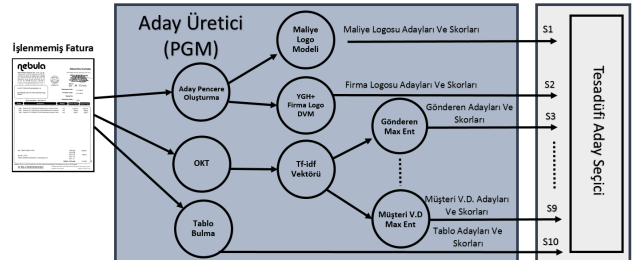
oluşturmaktadır. Gönderici, alıcı, tarih, vergi numarası gibi (Şekil 1) fatura alanlarının tespiti bir insan resmindeki el, yüz, kollar gibi organların tespitine benzemektedir. Her ikisinde de parçalar görünüm ve göreceli konum farklılıkları içermektedir.

Bilgisayarla görme dünyasında PTM [5,6] yaklaşımı yukarıda bahsedilen tipteki problemleri başarılı bir şekilde çözmektedir. PTM, bir nesnenin, yerleri değişkenlik gösterebilen parçalarının farklı yerleşimlerinin birleşiminden oluştuğunu varsayan eniyileme tabanlı bir yöntemdir. Her parça ayrı ayrı tespit edilip her bir parçaya ait muhtemel aday görüntüler daha önce eğitilmiş bir modele uygun şekilde birleştirilerek nesnenin bütününe tespiti sağlanmaktadır. Biz küçük farklılıklarla beraber benzer fikrin fatura analizi için kullanılabileceğini önermekteyiz. Öncelikle fatura alanları için aday konumlar tespit edilmekte ve bu aday konumlar arasında PTM'nin eniyileme yöntemleri ile seçim yapılarak fatura alanlarının yerleşimi tespit edilmektedir. PTM sistemi, eniyileme tabanlı olduğundan dolayı, fatura sınıfının tespiti, yüksek sayıda fatura sınıfı, dinamik olarak yeni sınıfların oluşturulması gibi birçok problemi de ortadan kaldırmaktadır. Dahası, PTM mevcut bir eğitim setini kullanarak bir model oluşturmakta ve her seferinde bu modeli kullanmaktadır. Bu sayede herhangi bir karmaşık bakım ve işletme görevine ihtiyaç duymamaktadır. Bu çalışmada, PTM tabanlı fatura analiz yöntemi uygulanıp gerçek çalışma şartları altında başarıyı gözlemlenmiştir.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir; Bölüm 2, iki seviyeli fatura analizini ve eniyileme yöntemini tanıtır. Bölüm 3, çalışma süresince gerçekleştirilen deneyleri içermektedir. Bölüm 4'te, sonuç ve değerlendirmeler sunulmaktadır.

II. FATURA ANALİZİ SİSTEMİ

Önerilen sistem Şekil 2'de gösterildiği gibi iki fazlı bir mimariye sahiptir. İlk fazda fatura üzerinde bireysel bulucular çalıştırılarak her alan için konum ve skorları ile birlikte fatura alanı adayları elde edilmektedir. Bu fazda fatura alanlarının birbirine göre konumları hakkında bir çıkarım yapılmamaktadır. İkinci fazda eniyileme yöntemleri ile adaylar arasından en uygun fatura alanlarının seçilmesine karar verilmektedir. Bu fazda karar verme işlemi sıralı veya çaprazlama eniyileme yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir. PTM, fatura alanlarının birbirlerine göre ve bireysel konumlarının nasıl değişebileceği hakkında eğitim bilgisine sahiptir.



Şekil 2. Sistemin ana mimarisi

A. Parça Görünüm Modeli

Her bir fatura alanının görünüm modeli farklı olabilir. Çalışmamızda yazı alanları (seri etiket, sıra etiket, tarih etiket, fatura yazısı, müşteri vergi dairesi, gönderen, alıcı) modeli, tablo alanı modeli, maliye ve firma logosu alanları modelleri olmak üzere dört farklı model önerilmektedir.

Yazı alanlarının modelini oluşturmak için fatura görüntüleri üzerinde ABBY'nin Optik Karakter Tanıyıcısı (OKT) çalıştırılarak kelime gruplarını ve her bir kelimenin konum bilgisini (konum ve büyüklük) içeren çıktı üretilmektedir. Bu kelime bilgileri kullanılarak Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) vektörü [9] oluşturulmakta ve yazı alanları için belirtilen 7 farklı sınıfa göre analiz yapabilen bir Eniyi Entropi (EE) sınıflandırıcısı eğitilmektedir. Firma logosu modeli, işaretlenen logolar üzerine YHG+DVM uygulanarak oluşturulmaktadır. Maliye logosu, görünümü her fatura üzerinde aynı olduğu için, şablon eşleştirme yöntemi kullanılarak bulunmaktadır. Tablo alanı "Füzyon Tabanlı Tablo Bulucusu" [12] adıyla geliştirilen özel bir yöntem ile bulunmaktadır.

B. Parça Tabanlı Model (PTM) Sistemi

Sistemin ikinci aşaması olan PTM oldukça genel bir çözüm önermektedir. PTM, Parça Görünüm Modeli (PGM) tarafından üretilen alanların en uygun hangi birleşimde bir araya geleceğini seçer. PTM, $G=(V,E)$ şeklindeki bir çizge ile ifade edilmektedir. Burada $V = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ifadesinde her bir p_i , fatura alanlarından birine denk gelip çizgenin düğüm noktalarını oluşturmaktadır. Her bir p_i , x_i ve y_i ile konumunun, w_i ve h_i ile büyüklüğünün ifade edildiği $p_i=(x_i, y_i, w_i, h_i)$ şeklinde gösterilmektedir. Faturanın her bir alan çifti arasında $(p_i, p_j) \in E$ olmak üzere çizgenin bir kenarı vardır. Fatura üzerindeki alanların birleşimi $F=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ile gösterilip, n fatura üzerindeki alan sayısını ifade etmektedir. PTM verilen alan konumları için bir enerji fonksiyonu tanımlamaktadır. Bu fonksiyon verilen alan birleşimlerinin enerjisinin en düşük olduğu yeri bulmaktadır. Enerji, fatura alanların tek başına ve birbirlerine göre konumlarına göre değişmektedir. Enerji fonksiyonunun eniyilenmesi konusunda [6]'da önerilen teknikler kullanılmıştır.

Verilen I faturası üzerindeki F alanların konumları için PTM enerji fonksiyonu;

$$E(F, I) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i S_i(p_i) + \sum_{i \neq j} \beta_{ij} R_{ij}(p_i, p_j)), (1)$$

olarak tanımlanmaktadır. S_i i alanı için normalleştirilmiş PGM skor fonksiyonu, R_{ij} ise p_i ve p_j arasındaki geometrik ilişki fonksiyonudur. R fonksiyonu, alan çiftlerinin birbirlerine göre konumlarının daha önceden öğrenilmiş olan birbirlerine göre konumlara olan benzerliğini tahmin etmektedir. α ve β ise denklemin ağırlıklarıdır. Fatura alanlarının birleşimi

$$\text{argmin}_F E(F, I), (2)$$

fonksiyonu ile tespit edilmektedir. Bu fonksiyon PGM skorları ve geometrik ilişkilerin ortalamalardan uzaklıklarını en düşük yapmayı amaçlamaktadır. Faturalar arasındaki geometrik ilişkiyi ifade etmek için Gauss Karışım Modeli (GKM) kullanılmaktadır.

$$R_{ij} = \prod_{l=1}^4 \gamma_l^{ij} r_l^{ij}(p_i, p_j), (3)$$

Her r_l^{ij} için i ve j alanların bireysel ilişkilerini ifade etmektedir. Alan çiftlerinin genişlikleri, yükseklikleri, x ve y konumları arasındaki normalleştirilmiş farklar (r_1^{ij}) , (r_2^{ij}) , (r_3^{ij}) , (r_4^{ij}) sembolleri ile ifade edilmektedir. Buna göre kullanılan GKM ifadesi şu şekildedir;

$$r_l^{ij}(p_i, p_j) = \sum_{k=1}^M \phi_{ij} N_k(\mu_{ij}, \Sigma_{ij}), (4)$$

Eşitlikteki M , GKM içerisindeki Gauss dağılımı sayısı, ϕ ağırlık parametreleri, μ ortalamalar ve Σ kovaryanslar anlamına gelmektedir.

C. PTM Eniyileme Yöntemi

$F=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ parça birleşimleri için her parça 4 adet değişken özelliğe sahiptir. Her faturanın $n=10$ adet alanı olması 40 boyutlu bir arama problemini ortaya çıkarmaktadır. Bu problemi çözmek için hızlı çalışan ve çoğu zaman en iyi birleşimi bulan fırsatçı bir eniyileme yöntemi önerilmektedir. Yöntem yerel arama temellidir. Başlangıçta F deki her bir p_i PAM'de bulunan adaylar arasından rastgele olarak atanmaktadır. Eniyileme p_i lerin kombinasyonları değiştirilerek gerçekleştirilmektedir. Bireysel olarak başarılı çalıştığı bilinen alanlardan (tablo, maliye logosu vs.) başlanıp tek tek değiştirilerek gerçekleştirilmektedir. Bu işlem iyileşme olmayana kadar sürdürülmektedir. Eniyileme sırasında alanların kesiştiği durumlara ceza verilmektedir.

III. DENEYLER

Önerilen sistemi doğrulamak için deneyler gerçekleştirildi. Tüm deneylerde **Eşitlik 1** deki ağırlık parametreleri aynı seçildi. Makine öğrenmesinin ezberleme sorununu ortadan kaldırmak için eğitim ve test veri seti farklı faturalardan oluşturuldu. Eğitim seti 320, test seti ise 80 fatura içermektedir. Test faturaları 80 farklı şirketin faturalarından olduğundan her bir fatura farklı bir sınıf gibi düşünülebilir. ABBY OKT motoru her fatura için aynı parametre kümesi ile çalıştırıldı.

Başarım metriği olarak sistemin bulunduğu alan ile işaretlenen alanın eşleşme miktarını gösteren Alan Eşleşme Skoru (AES) kullanıldı.

$$AES_g = \frac{2 * \text{Alan}(KA)}{\text{Alan}(p_i) + \text{Alan}(p_A)} (5)$$

$$AES_t = \frac{2 * KS(KA)}{KS(p_i) + KS(p_A)} (6)$$

p_i sistemin bulunduğu alanı, p_A faturalar üzerinde kullanıcılar tarafından ölçüm maksatlı etiketlenen alanı, KA ise bu alanlar arasındaki kesişimi ifade etmektedir. Grafik tabanlı alanlar (firma logosu, tablo, maliye logosu)

için AES_g , yazı tabanlı alanlar için ise AES_t kullanıldı. KS ilgili alandaki kelime sayısını ifade etmektedir.

Tablo 1’de her fatura alanının ve faturanın tüm alanları toplamının farklı AES eşiklerindeki bulunma yüzdeleri gösterilmiştir. Her hücre ilgili alanın sütununun başlığındaki AES değerinden daha iyi olmak üzere bulunma yüzdesini göstermektedir. Örnek olarak “Fatura Yazısı” alanının %80 i en az 0.50 AES değeri ile bulunmuştur.

Tablo 1’de ayrıca bireysel alan bulucuları için farklı AES eşiklerindeki başarımların değerleri de gösterilmektedir. Diğer bir deyişle, parça pozisyonları komşuluk ilişkilerine bakılmadan sadece $S_i(p)$ değerleri ile seçilmiştir. Örnek olarak bireysel bulucular “Fatura Yazısı” alanının sadece %35 ini en az 0.50 AES değeri ile bulmuştur. **Tablo 1**’de ayrıca PTM’nin sonuçlar üzerindeki iyileştirmeleri de gösterilmektedir. Tablo ve Maliye Logosu alanları hariç PTM’nin her alan ve AES değerlerinde skorları iyileştirdiği görülmektedir. Tablonun en alt satırında toplam iyileşmeler gösterilmektedir.

Alan Adı	Bulucu	Alan Eşleşme Skorları									
		0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	
Fatura Yazısı	Bireysel	35%	35%	35%	35%	31%	31%	31%	31%	31%	
	PTM	86%	86%	80%	80%	72%	68%	68%	68%	68%	
Müşteri V.D	Bireysel	56%	32%	40%	32%	26%	18%	11%	3%	2%	
	PTM	85%	82%	81%	81%	73%	67%	50%	18%	15%	
Firma Logosu	Bireysel	76%	54%	66%	54%	45%	33%	15%	3%	0%	
	PTM	84%	81%	75%	66%	51%	38%	15%	3%	0%	
Gönderen	Bireysel	76%	67%	68%	67%	51%	41%	25%	5%	0%	
	PTM	92%	90%	87%	85%	68%	55%	41%	18%	3%	
Alıcı	Bireysel	79%	57%	66%	57%	45%	24%	14%	2%	0%	
	PTM	92%	89%	83%	79%	64%	46%	28%	9%	2%	
Seri No Etiket	Bireysel	77%	76%	76%	76%	69%	69%	69%	69%	69%	
	PTM	80%	80%	78%	78%	61%	61%	61%	61%	61%	
Tarih Etiket	Bireysel	64%	63%	63%	63%	40%	39%	39%	39%	39%	
	PTM	71%	70%	70%	70%	47%	43%	43%	43%	43%	
Sıra No Etiket	Bireysel	78%	78%	78%	78%	37%	37%	37%	37%	37%	
	PTM	82%	82%	82%	82%	44%	44%	44%	44%	44%	
Maliye Logosu	Bireysel	94%	94%	94%	94%	94%	94%	83%	51%	0%	
	PTM	93%	93%	93%	93%	93%	93%	83%	53%	0%	
Tablo	Bireysel	96%	94%	94%	94%	93%	92%	92%	74%	0%	
	PTM	94%	94%	94%	94%	92%	89%	89%	71%	0%	
Toplam	Bireysel	73%	65%	68%	65%	53%	48%	42%	31%	18%	
	PTM	86%	85%	82%	81%	67%	60%	52%	39%	24%	
İyileşme		13%	20%	14%	16%	13%	13%	11%	7%	6%	

Tablo 1. Bireysel bulucular ile PTM eniyileme yönteminin karşılaştırılması

AES değerlerinin anlamı her alan için farklıdır. Örnek olarak “Tablo” alanı için 0.7 kabul edilemez bir değerken “Tarih Etiket” alanı için 0.4 kabul edilebilir bir değerdir çünkü “Tarih Etiket” alanının pozisyonu yaklaşık olarak bulunursa, tarih, bulunan pozisyon etrafında aranarak kolaylıkla bulunabilecektir. “Tablo” alanı içerisinde faturanın önemli bilgilerini içerdiği için büyük kısmının bulunması gerekmektedir dolayısı ile 0.7 AES değeri kabul edilebilir bir değer değildir. Sonuç olarak toplam sistem performansını hesaplamak için tek bir AES değeri

uygulanmamaktadır. Bunun yerine her alan için **Tablo 1** deki kahverengi kutulara karşılık gelen AES değerleri kullanılmaktadır. Bu değerlere göre sistemin tüm alanlar toplamındaki performansı %80 olarak hesaplanmıştır.

IV. SONUÇLAR

Çalışmada fatura analizi için yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen eniyilemeli yöntem fatura sınıflarından bağımsız olarak çalışıp her faturayı yeni bir durum gibi kabul etmektedir. Bilgisayarla görme alanında nesne tanımadaki sıkça kullanılan eniyileme tabanlı PTM yöntemini faturaların alanlarını bulma problemi üzerinde uygulanmıştır. Önerilen yöntem, ana sistemde değişiklik yapılmadan yeni alan bulucuları ile genişletilebilir. Deneysel gerçek iş yaşamında kullanılabilirliği ispatlanmıştır. Gelecek çalışmalarda daha farklı eniyileme yöntemleri kullanarak başarımın artırılması planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] L. Hardy, "The Evolution of Participation Banking in Turkey." Al Nakhlah Online Journal of Southwest Asia and Islamic Civilization (2012).
- [2] "Payment of Supplier's Due Amounts." Kuwait Finance House. Kuwait Finance House. Web. 26 Jan. 2015. <<http://www.kfh.com/en/commercial/murabaha/payment-of-suppliers-due-amounts.aspx>>.
- [3] H. Hamza, Y. Belaïd, & A. Belaïd, (2007). Case-based reasoning for invoice analysis and recognition. In Case-Based Reasoning Research and Development (pp. 404-418). Springer Berlin Heidelberg.
- [4] B. Klein, A. R. Dengel, & A. Fordan, (2004). smartFIX: An adaptive system for document analysis and understanding. In Reading and Learning (pp. 166-186). Springer Berlin Heidelberg.
- [5] M. A. Fischler, & R. A. Elschlager, The representation and matching of pictorial structures. IEEE Transactions on Computers, 22(1) (1973), 67-92.
- [6] P. F. Felzenszwalb, D. P. Huttenlocher. "Pictorial structures for object recognition." International Journal of Computer Vision 61.1 (2005): 55-79.
- [7] B. Klein, S. Agne, and A. Dengel. "Results of a study on invoice-reading systems in Germany." Document Analysis Systems VI. Springer Berlin Heidelberg, 2004. 451-462.
- [8] F. Cesarini, E. Francesconi, M. Gori, S. Marinai, J. Q. Sheng, G. Soda, "Rectangle labelling for an invoice understanding system." Document Analysis and Recognition, 1997., Proceedings of the Fourth International Conference on. Vol. 1. IEEE, 1997.
- [9] G. Salton, & M. J. McGill, (1983). Introduction to modern information retrieval.
- [10] D. Tuganbaev, A. Pakhchianian, D. Deryagin. "Universal data capture technology from semi-structured forms." Document Analysis and Recognition, 2005. Proceedings. Eighth International Conference on. IEEE, 2005.
- [11] O. Comay, "Form data extraction without customization." U.S. Patent No. 8,660,294. 25 Feb. 2014.
- [12] U. S. Unal, E. Unver, T. Karakaya, Y. S. Akgul, "Invoice Content Table Detection and Analysis with Feature Fusion", SIU 2015