

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ÇOCUKLARIN EL ÇİZİMİ ŞEKİLLERİNİN TANINMASI ve ÇİZİM
BAŞARILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Oğuz Emre KURAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇOCUKLARIN EL ÇİZİMİ ŞEKİLLERİNİN TANINMASI ve ÇİZİM
BAŞARILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Oğuz Emre KURAL

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN
2017

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Oğuz Emre KURAL tarafından hazırlanan “Çocukların El Çizimi Şekillerinin Tanınması ve Çizim Başarılarının Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 19/01/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. Erdal KILIÇ
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Doç. Dr. Sedat AKLEYLEK
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. Erdal KILIÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Yrd. Doç. Dr. Kerem ERZURUMLU
Ordu Üniversitesi
Bilgisayar Teknolojileri Bölümü

Yukarıdaki sonucu onaylarım. .../.../20..

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

19/01/2017

Oğuz Emre KURAL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇOCUKLARIN EL ÇİZİMİ ŞEKİLLERİNİN TANINMASI ve ÇİZİM BAŞARILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Oğuz Emre KURAL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erdal KILIÇ

Bu çalışmada, çocukların temel geometrik şekiller üzerinde çizim çalışmaları yapabilecekleri destekleyici bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Uygulama üzerinde çocuklar için çizim ortamı yaratılarak, yaptıkları çizimlere destekleyici geri bildirimler verilmesi sağlanmıştır. Tez çalışması için hedef kitle olarak 6-8 yaş grubu çocuklar seçilerek, düz çizgi, üçgen, dikdörtgen, çember ve elips şekillerinden oluşan 5 sınıflı bir veri seti oluşturulmuştur. Veri setinin oluşturulmasında, 6 yaşında 3 kişi, 7 yaşında 5 kişi ve 8 yaşında 1 kişi olmak üzere toplam 9 çocuk ve 5 yetişkinden çizim verileri alınmıştır. Çocuklardan alınan verilerde 4 farklı arka plan kullanılarak farklı referans noktaları üzerinde yaptıkları çizimler incelenmiştir. Ayrıca yetişkinlerin ve çocukların çizim hızı, çizim boyutu gibi çizim verilerine dair kıyaslamalar yapılmıştır. 790 el çizimi şekilden oluşan veri seti üzerindeki sınıflandırma işlemleri destek vektör makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sınıflandırma sonucuna göre şekle ait düzleştirilmiş bir model oluşturularak Hausdorff mesafe ölçütleri ile çizim yaklaşıklık ölçülmüştür. Yaklaşıklık ölçüm sonucuna göre çocuklar için geri bildirim mesajları oluşturularak eğitim süreçlerinin desteklenmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda çocuklar için temel geometrik şekiller üzerinde çizim çalışmaları yapabilecekleri interaktif bir mobil öğrenme ortamı oluşturulmuştur.

Ocak 2017, 62 sayfa

Anahtar Kelimeler: El çizimi şekil tanıma, Destek vektör makinesi, Mobil öğrenme, (Değiştirilmiş) Hausdorff uzaklığı

ABSTRACT

Master's Thesis

RECOGNITION OF CHILDREN'S HAND DRAWING SHAPES and EVALUATION OF DRAWING ACHIEVEMENTS

Oğuz Emre KURAL
Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Computer Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erdal KILIÇ

In this study, a supporting mobile application in which the children can do drawing studies on basic geometric shapes is developed. Some feedback is provided to support the drawing of the children by creating a drawing platform in application. 5-class dataset consisting of straight line, triangle, rectangle, circle and ellipse shapes was created by choosing 6-8 years old children as target group for the thesis study. In creation of the dataset, the drawing datum were taken from 9 children (3 children in 6 years old, 5 children in 7 years old, 1 child in 8 years old) and 5 adults. The drawings on different reference points were examined by using 4 different background in the datum taken from children. The adults and children's drawing datum like drawing speed and size were compared. The comparison process on the dataset consisting of 790 hand-drawn shapes was implemented by support vector machine (SVM). According to the obtained classification result, a smoothed model of the shape was created and the drawing approximation was measured by using Hausdorff distance criteria. Based on the approximate measurement result, it is aimed to support the training processes by generating feedback messages for children. As a result of the study, an interactive mobile learning platform was created to do drawing studies on basic geometric shapes for children.

January 2017, 62 pages

Keywords: Hand drawing shape recognition, Support vector machine, Mobile learning, (Modified) Hausdorff distance

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim öğretim çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Erdal KILIÇ'a; Tez çalışmamda atmam gereken doğru adımları bana göstererek çalışmamı daha iyi bir noktaya getirmemi sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Sedat AKLEYLEK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince inancımı kaybettiğim anlarda dahi hep yanımda olarak beni destekleyen kıymetli eşime ve değerli aileme teşekkür ederim.

Uygulama geliştirme sürecinde desteğini asla esirgemeyen değerli dostum Emre DEMİR'e, hep yanımda olarak beni destekleyen değerli oda arkadaşlarım Aykut KARAKAYA, Durmuş Özkan ŞAHİN ve Armağan KARABİNAYA teşekkür ederim.

Ocak 2017, Samsun

Oğuz Emre KURAL

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Çizim Tanıma Uygulamaları.....	3
2.2. Eğitim Alanındaki Uygulamalar.....	7
2.3. Çocuklar İçin Geliştirilen Uygulamalar.....	8
3. ÖN İŞLEME.....	11
3.1. Yeniden Örneklemeye.....	11
3.2. Yeniden Ölçeklendirme.....	12
4. ÖZELLİK ÇIKARIMI.....	14
4.1. Özelliklerin Elde Edilmesi.....	14
4.1.1. Alan çevre.....	14
4.1.2. Dışbükey örtü.....	15
4.1.3. En küçük alanlı sınırlayıcı dikdörtgen.....	18
4.1.4. En büyük alanlı çevrelenmiş üçgen.....	20
4.1.5. En büyük alanlı çevrelenmiş dörtgen.....	23
4.2. Özellik vektörünün oluşturulması.....	23
5. MATERYAL ve YÖNTEM.....	30
5.1. Sınıflandırma.....	30
5.1.1. Doğru parametre değerlerinin seçilmesi.....	31
5.2. Şekil Modellerinin Oluşturulması.....	32
5.3. Çizim Yaklaşıklığının Belirlenmesi.....	33
5.3.1. Hausdorff uzaklığı.....	34
5.3.2. Değiştirilmiş Hausdorff uzaklığı.....	34
5.3.3. Tanimoto katsayısı.....	35
5.3.4. Yaklaşıklığın hesaplanması.....	35
6. UYGULAMA GELİŞTİRME.....	37
6.1. Platform.....	37
6.2. Arayüz.....	37
6.3. Geri Bildirim Mekanizması.....	40
7. DENEYSEL SONUÇLAR.....	42
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
KAYNAKLAR.....	50
EKLER.....	54
EK 1 Yeniden örneklemeye kod blokları.....	55
EK 2 Çocuklardan toplanan el çizimi şekil örnekleri.....	57
EK 3 Etik kurul onayı.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	

SİMGELER VE KISALTMALAR

KISALTMALAR

DVM	Destek Vektör Makinesi
IDM	Image Deformation Model (Görsel Deformasyon Modeli)
PDA	Personal Digital Assistant (Kişisel Dijital Asistan)
YSA	Yapay Sinir Ağları



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. LetterSchool uygulamasına ait ekran görüntüsü.....	9
Şekil 2.2. TAYouKi'ye ait ekran görüntüsü	10
Şekil 3.1. Ham nokta dizisinin yeniden örneklenmesi.....	11
Şekil 3.2. Yeniden ölçekleme (a) Orijinal çizim, (b) Ekseni genişletilmiş çizim, (c) Yeniden ölçeklenmiş çizim	13
Şekil 4.1. Şekle ait çevre ve alan gösterimi	14
Şekil 4.2. Dışbükey (solda) ve içbükey (sağda) şekiller	15
Şekil 4.3. Noktalar kümesi için dış bükey örtünün gösterimi	15
Şekil 4.4. Dönüş yönleri.....	17
Şekil 4.5. Monotone Chain algoritması	17
Şekil 4.6. Minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgen	18
Şekil 4.7. Köşe noktaları ve destek doğruları	19
Şekil 4.8. Dönel kompas algoritmasının uygulanışı.....	20
Şekil 4.9. En büyük alanlı çevrelenmiş üçgenin hesaplanması.....	22
Şekil 4.10. En büyük alanlı çevrelenmiş dörtgen.....	23
Şekil 4.11. Ach/Aer oranının veri seti üzerindeki dağılımı	24
Şekil 4.12. Alq/Aer oranının veri seti üzerindeki dağılımı	25
Şekil 4.13. Alt/Ach oranının veri seti üzerindeki dağılımı	25
Şekil 4.14. Alt/Alq oranının veri seti üzerindeki dağılımı	26
Şekil 4.15. Alq/Ach oranının veri seti üzerindeki dağılımı	26
Şekil 4.16. Dış merkezliliğin hesaplanması	27

Şekil 4.17. Dış merkezliliğin veri seti üzerindeki dağılımı.....	27
Şekil 4.18. İncelik oranının veri seti üzerindeki dağılımı	28
Şekil 4.19. İncelik oranının çizgi şekilleri hariç veri seti üzerindeki dağılımı	28
Şekil 4.20. Her/Wer oranının veri seti üzerindeki dağılımı	29
Şekil 5.1. İki sınıflı doğrusal ayrılabilen destek vektör makinesi	31
Şekil 6.1. Uygulama yapısı	37
Şekil 6.2. Uygulama arayüzü	38
Şekil 6.3. Bildirim paneli gelecek	39
Şekil 6.4. Anlık geri bildirim yapısı	40
Şekil 7.1. Şekillere göre çizim süreleri	44
Şekil 7.2. Şekillere göre çizim uzunlukları	45
Şekil 7.3. Çizim arka planları (a) Boş arka plan (b) Referans noktalı arka plan	45
Şekil 7.4. Çizim arka planları (a) Yatay çizgili arka plan (b) Kareli noktalı arka plan	46
Şekil 7.5. Çocuklara ait elips çizimleri	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. Destek vektör makinesi parametre değerleri.....	32
Çizelge 6.1. Anlık geri bildirim yapısı.....	41
Çizelge 6.2. Final skor tablosu	41
Çizelge 7.1. Tüm veri seti üzerindeki sınıflandırma başarımı	43
Çizelge 7.2. Çocuklardan alından verilerde sınıflandırma başarımı	43
Çizelge 7.3. Yetişkinlerden alınan verilerde sınıflandırma başarımı	44

1. GİRİŞ

Çizim yapmak her zaman insan hayatının doğal bir parçası olmuştur. Tasarımlar yaparken, iletişim kurarken, bir şeyleri ifade ederken sıklıkla çizime başvurulmaktadır. İnsanlık tarihinin her aşamasında kendine yeni uygulama alanları bulan çizim etkinliği, tarihi verilerin kayıt edilmesinden, günümüze kadar gelen sanat eserlerinin oluşturulmasına kadar pek çok alanda etkisini göstermektedir.

Zaman içerisinde çizim etkinliklerinin uygulama alanları gibi, çizim esnasında kullanılan araçlarda değişim göstermektedir. Uzun yıllardır etkileşimin doğal bir yolu olan kâğıt – kalem ile yapılan çizim etkinlikleri, modern teknolojiler ile yeni araçlara taşınmaktadır.

Bu değişimin ilk adımını 1963 yılında Ivan Sutherland tarafından geliştirilen ve çizim tabanlı insan-bilgisayar etkileşiminin temelini atan SKETCHPAD oluşturmaktadır [1]. Platform üzerinde ışıklı kalem ile çizimler yapılarak geometrik şekiller oluşturulabilmektedir. Bu yapının oluşturduğu düşünce, insan – bilgisayar etkileşiminin geliştirilmesine yönelik pek çok araştırmanın önünü açmıştır. Ancak uygulama alanının kısıtlı olması ve uygun teknolojilerin yaygınlaşmaması uzun yıllar çizim tabanlı platformların gelişimini engellemiştir. 90'lı yıllarda PDA ve dijital tabletlerin geliştirilmesi, klavye ve mouse ile sınırlı olan insan – bilgisayar etkileşiminin önünü açmıştır. Günümüzde ise tablet bilgisayar ve mobil cihazlar üzerlerinde bulunan dokunmatik ekranlar ile daha özgür ve daha yaratıcı platformlar oluşturulabilmektedir.

Dokunmatik ve çizim temelli platformların yaygınlaşması ile bu platformların etkileşimini arttırmaya yönelik çalışmalarda hız kazanmıştır. Kâğıt kalem kullanır gibi doğal bir yolla çizimlerin yapılabilmesi daha önceleri el çizimi şekil tanıma üzerine geliştirilen yöntemlerin bu platformlar üzerinde de gerçekleştirilmesine imkân sağlamıştır. El çizimi şekil tanıma, 1970'lerden günümüze kadar sürekli gelişim gösteren [2], makine öğrenmesi, görüntü işleme gibi çalışma alanlarının sentezi olan bir uygulama alanıdır. Bu alanda yapılan çalışmalar ile eğitim, tasarım, mühendislik gibi pek çok alanda etkileşimi yüksek, akıllı sistemler geliştirilebilmektedir [3].

Özellikle eğitim alanında hem okul içi hem de okul dışı eğitimi destekleyici pek çok çalışma bulunmaktadır [3, 4]. Mobil teknolojilerin popülerleşmesi, uygulama geliştiricileri çocukların okul dışı eğitimini destekleyici eğlenceli uygulamalar oluşturulması yönünde teşvik etmektedir. Ancak okul öncesi ve ilkokul dönemindeki çocuklar için geliştirilen çizim tabanlı uygulamalar incelendiğinde genellikle rota bilgisi verilerek, belirli izleri takip etmeleri istendiği görülmektedir [5, 6]. Belirli adımların takip edildiği bu tarz çalışmalar çocukların kendi kendilerine gelişim aşamalarını eğlenceli hale getirmesine rağmen, geri bildirimlerinin çok düşük seviyede olması çizim başarılarını değerlendirmeleri konusunda yardımcı olmamaktadır. Gerçekten akılcı yapılar olarak geliştirilen geri bildirimli yapıların sayısı ise çok azdır [4].

Uygulamalardaki bu eksikliğe karşın, özellikle okul öncesi ve ilkokul döneminde çocukların çizim yapmaları ve yaptıkları çizimleri ailelerine göstermeleri bilinen bir etkinliktir. Ailelerin çocuklarının yaptıkları çizimleri yorumlayarak onların gelişimini destekleyici geri bildirimler yapması çocuklar için oyun ortamı oluşturmakta ve onlar için öğrenmeyi eğlenceli hale getirmektedir. Bu tez çalışmasında çocukların var olan bu çizim etkinliğini, mobil platformların gücü ve anne babaların destekleyici rolü ile birleştirerek mobil öğretici bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulama ile çocukların dikdörtgen, çember gibi temel şekiller üzerindeki çizim becerilerinin geliştirilmesinin yanı sıra el göz koordinasyonlarının ve psikomotor gelişimlerinin desteklenmesi hedeflenmiştir. Uygulama içerisinde çocuklara çizim ortamı sağlanarak kendilerine gösterilen şekilleri çizmeleri istenmiştir. Çocukların yaptıkları çizimler değerlendirilerek hem şekilleri tanıma becerilerine göre hem de çizim yaklaşımlarına göre geri bildirimler yapılmıştır. Çizim yaklaşımlığına bağlı ödül mekanizması oluşturularak, çocuklar için başarıyı yükseltmeye yönelik bir teşvik ortamı oluşturulmuştur. Temel şekillerden olan üçgen, daire, dörtgen, düz çizgi ve elipsin kullanıldığı çalışmada destek vektör makineleri ve temel geometrik özelliklere dayalı özellik çıkarım yöntemleri de kullanılmıştır. Özellik çıkarımı aşamaları Bölüm 4'te, sınıflandırma aşamaları ise Bölüm 5.1'de anlatılmaktadır.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Çalışma için belirlenen motivasyon kalem tabanlı çizim platformu üzerinde çocukların el çizimi geometrik şekillerinin tanınması ve çizimlerine destekleyici geri bildirimler yapılmasıdır. Konuyla ilgili literatür genel amaçlı çizim tanıma uygulamaları ve eğitim amaçlı çizim tanıma uygulamaları olmak üzere iki temel çatı altında incelenmiştir. Genel amaçlı çizim tanıma uygulamalarında: karar ağacı tabanlı, filtre tabanlı, bulanık mantık tabanlı, enerji minimizasyonu tabanlı, makine öğrenmesi tabanlı ve görsel tabanlı yaklaşımlar incelenmiştir. Eğitim amaçlı çizim tanıma uygulamalarında ise okul içi ve okul dışı eğitim için geliştirilmiş çizim tanıma uygulamaları araştırılmıştır.

2.1. Çizim Tanıma Uygulamaları

Ravenkar ve Yeninarayana tarafından 1991 yılında yayınlanan çalışmada, el çizimi geometrik şekillerin sınıflandırılması ve düzeltilmesi üzerine karar ağacı tabanlı çevrimdışı bir yöntem önerilmiştir [7]. İlk olarak el çizimi şeklin doğru parçalarına ayrıldığı çalışmada, sezgisel bazı kurallara dayanarak bir karar ağacı oluşturulmuştur. Burada oluşturulan karar ağacının her bir dalı bir çizim kategorisini ifade etmektedir. Önerilen yöntemde üç doğru parçası kapalı bir zincir oluşturuyor ise bu şekil üçgen olarak sınıflandırılmaktadır. Ancak önerilen yapının çok temel seviyedeki kurallar dizisine dayalı olması ve kullandıkları özelliklerin şekle ait yeterli seviyede bilgi içermemesi yöntemin zayıf yanlarını oluşturmaktadır.

1993 yılında Apte ve arkadaşları şekil sınıflandırma problemi için filtrelemeye dayalı bir yöntem önermiştir [8]. Kullandıkları yöntem çizim boyutundan bağımsız olmasına rağmen kullandıkları filtreler çizim yönüne duyarlı çalışmaktadır. Bu nedenle çizilecek şeklin sınıflandırılabilmesi için şeklin x ve y eksenlerine paralel çizilmesi gerekmektedir.

Fonseca ve Jorge, Apte ve arkadaşlarının çalışmasındaki yön bağımlılığını ortadan kaldırmak için orijinal yönteme bazı yeni filtreler ve temel geometrik özelliklere dayalı özellikler eklemiştir [9]. Rotasyon, ölçek ve çizgi sayısı bağımsız olan yöntemde üçgen, dörtgen, çember gibi şekillerin yanı sıra tek çizimle yapılabilen sil ve seç işlemlerini temsil eden işaretlerde tanınabilmektedir. Özellik çıkarımı

aşamasında şekli çevreleyen dış bükey örtü, en büyük alanlı çevrenmiş üçgen, en büyük alanlı çevrenmiş dörtgen gibi geometrik özellikler kullanılmıştır. Özelliklerin çıkarılmasından sonra özelliklere dayalı bir karar ağacı yapısı oluşturularak istenmeyen şekillerden kurtulmak istenmiştir. Çizimlerin tanınması noktasında belirsiz durumların üstesinden gelmek için ise bulanık mantık kullanılmıştır [10]. Altı şekil ve iki işaretten oluşan veri seti ile yapılan çalışmada 91% sınıflandırma başarısı elde edilmiştir. Çalışmanın devamı olarak 2000 ve 2001 yıllarında yaptıkları çalışmalarda ise hem veri setini genişletmiş hem de sınıflandırma başarısını sırasıyla 92% ve 95%'e yükseltmişlerdir [11, 12]. Yöntemin kabul edilebilir seviyedeki başarı oranı ve hızlı cevap karakteristiği interaktif sistemlerde kullanıma uygun olduğunu göstermektedir.

Enerji minimizasyonu temelli çalışmalara Arvo ve Norris'in yaklaşımı örnek olarak verilebilir [13]. Çalışmada, kullanıcının çizimi esnasında sınıflandırma ve çizilen şekle sınıflandırma sonucuna göre yeniden biçimlendirme yapılmaktadır. Yapılan çizim sürekli olarak örneklenerek, örneklenmiş noktalar ile aday şekil arasındaki mesafeler ölçülmektedir. Ölçüm sonucunda en düşük uzaklık değerine sahip olan aday şekil seçilerek, orijinal çizim seçilen şekle dönüştürülmektedir. Örnek olarak kullanıcı doğrusal bir çizgi çiziyorsa, sınıflandırma sonucu çizgi ürettiğinde kullanıcı çizimi tam doğrusal hale getirilmektedir. Yöntem tek çizgi ile çizilen üzere üçgen, dikdörtgen ve doğru parçası şekilleri üzerinde çalışmaktadır.

Liu ve arkadaşları üçgen, dörtgen, elips, düz çizgi ve ok ucu şekillerinden oluşan veri seti üzerinde kural tabanlı ve makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımları karşılaştırmaktadır [14]. Makine öğrenmesi tabanlı yaklaşım olarak destek vektör makinesi (DVM) [15] ve yapay sinir ağları (YSA) [16] kullanılarak, üç yaklaşıma ait kıyaslama sonuçları verilmektedir. Kural tabanlı yaklaşımda hipotez üret ve test et modelli bir yapı benimsenmiştir. İlk olarak çizilen şekil üçgen, dörtgen, elips olarak varsayılarak çizilen şekil ile hipotez şekiller arasındaki uzaklıklar hesaplanmaktadır. Hesaplama sonucunda en düşük ortalama uzaklık değerine sahip şekil sınıflandırma sonucu olarak üretilmektedir. Çalışmanın destek vektör makineleri ile yapılan kısmında orijinal DVM'nin çok sınıflı problemlere uygun olmaması nedeniyle, Mayoraz ve Alpaydin tarafından önerilen çok sınıflı DVM modeli kullanılmaktadır [17]. Bu yöntemde N sınıflı veri için $\frac{N*(N-1)}{2}$ sınıflandırıcı tanımlanmaktadır. Her sınıflandırıcının sonucuna göre en çok oyu alan sınıf sonuç değeri olarak üretilmektedir. Çalışmanın son aşamasında yapay sinir ağı yaklaşımı olarak standart

hata geri yayılım algoritması kullanılmaktadır. DVM ve YSA eğitimlerinde toplam 8928 çizimden oluşan veri setinin kullanıldığı çalışmada 97.5% ile en yüksek başarıyı DVM göstermektedir. Aynı ekip tarafından yapılan bir başka çalışmada ise enerji minimizasyonu temelli bir yaklaşım önerilmektedir [18]. Önerilen yöntemde orijinal şekil üzerindeki tepe noktaları birleştirilerek çizilen şekil sınıflandırılmaya çalışılmaktadır. Tepe noktalarının birleştirilmesinde çekici güç modeli (attraction force model) kullanılmaktadır. Buradaki çekici gücün hesabındaki temel yapıyı, komşu tepe noktaları arasındaki uzaklık ve açı değerleri oluşturmaktadır. Hesaplama sonucunda belirli bir eşik değerinin üzerinde olmak koşulu ile en yüksek güç değerine sahip olan noktalar birleştirilmektedir. Birleştirilebilecek nokta kalmadığında, geriye kalan nokta sayısı şeklin türünü belirlemektedir.

Çizim tanıma uygulamalarında kullanılan sınıflandırma tekniği kadar özellik çıkarım yöntemleri de önemlidir. Çünkü kullanılan özellik çıkarım yöntemi şeklin dijital ortamda ifade edilme biçimini belirlemektedir. Yapılan çalışmadaki ihtiyaçlara göre sınıflandırma yöntemi ile farklı özellik çıkarım teknikleri kullanılabilir [19, 20, 21]. Özellik çıkarımı için kullanılan yöntemin istenilen özelliklerin hepsini karşılamaması durumunda araştırmacılar bazı ön işleme adımları uygulayarak yönteme ait eksiklikleri kapatmaya çalışmışlardır. Özellik çıkarım yöntemi olarak zernike momentlerinin kullanıldığı bir çalışmada [19], el çizimi şekillerin tanınması için çevirim içi bir yöntem önerilmektedir. Zernike momentleri yön ve yansıma bağımsız olmasına karşın ölçek ve ötelemeden bağımsız değildir. Bu durumun üstesinden gelmek için yöntemde temel ön işleme adımları eklenerek, çizimler 100x100 boyutuna ölçeklenmiş ve merkez noktaları orijine taşınmıştır. Sınıflandırma aşamasında ise DVM, en küçük ortalama uzaklık (minimum mean distance) ve sinir ağlarının (neural networks) kullanıldığı çalışmada en yüksek başarıyı 97% ile DVM göstermektedir.

Refaat ve arkadaşları 2008 ve 2009 yıllarında yaptıkları çalışmalarda el çizimi diyagramlarını sınıflandırmaya çalışmışlardır [20, 22]. Yöntem sınıflandırıcı olarak DVM, özellik çıkarım yöntemi olarak ise Fonseca ve Jorge tarafından önerilen temel geometrik özelliklere dayalı metodu kullanmaktadır. Girdi olarak el çizimi diyagramın alındığı çalışmada ilk olarak diyagramlar parçalara ayrılmaktadır. Şekillere ait özellikler çıkarıldıktan sonra sınıflandırma için biri hepsine karşı (one-versus-all) temelli DVM kullanmışlardır. 2008 yılındaki çalışmalarında RBF (Radial Basis Function) kullanarak sınıflandırma sonucunda 90% başarı elde etmişlerdir. 2009

yılındaki çalışmalarında ise sınıflandırma başarısını arttırmak için kendi çekirdek fonksiyonlarını üretme yoluna gitmişlerdir. İki DVM kullanarak birinci DVM’de çekirdek fonksiyonu üretip ikinci DVM’de ürettikleri çekirdek fonksiyonunu kullanmışlardır. SVMLight kullanarak yaptıkları testlerde 92.796% başarı elde etmişlerdir [23].

Makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımlar çizim tanıma problemleri üzerinde yüksek sınıflandırma başarısı gösterebilmektedir. Ancak makine öğrenmesi algoritmaları ile geliştirilen sistemlerin çok sayıda örnekle eğitilmesi gerekmektedir. Az sayıda eğitim seti ile tanımlama yapmak için genellikle görsel tabanlı yöntemler tercih edilmektedir. Kara ve Stahovich tarafından önerilen görsel tabanlı yaklaşım bu kategoride yapılan popüler çalışmalardandır [24]. Yöntem genel olarak tanımlanacak şekil ile önceden tanımlanmış şablonları eşleştirmektedir. Şablon eşleştirme yöntemleri yön bağımlı olarak çalıştığı için çizilen şekiller bazı ön işleme adımlarından geçirilmektedir. Çalışma temel olarak 4 adımdan oluşmaktadır. Bunlar:

- Ön işleme
- Koordinat Dönüşümü
- Şablon eşleştirme (4 farklı yöntem)
- Sonuçları birleştirme ve tanımlama

Uyguladıkları ön işleme adımlarının genel amacı örnek sayısını düşürerek hesaplama maliyetini azaltmaktır. Bunun için her görsel öncelikle 48x48 boyutuna indirgenmektedir. Ön işleme adımlarının ardından yön bağımlılığını ortadan kaldırmak amacı ile kutupsal koordinat dönüşümü yapılmaktadır.

Şablon eşleştirme aşaması benzer görselleri bulma işlemi olarak ifade edilebilir. Girdi olarak verilen çizim ile tanımlama işlemi yapılacak çizimler arasındaki benzerlikler ölçülerek tanımlama yapılmaktadır. Şablon eşleştirme yöntemleri genellikle sınıflandırma için tek ölçüm tekniği kullanırken Kara ve arkadaşları dört farklı yöntemi bir arada kullanmaktadır [24]. İki benzerlik diğer ikisi ise benzemezlik oranını ifade eden dört yöntemden elde edilen sonuçlar birleştirilerek karar sonucu oluşturulmaktadır. Benzerlik oranının ölçümü için Tanimoto katsayısı ve Yule katsayısı kullanılırken benzemezlik oranı için Haousdroff mesafesi ve Değiştirilmiş haousdroff mesafesi kullanılmaktadır [25, 26, 27, 28]. 96.2%’lere varan sınıflandırma başarısı elde etmelerine karşın dört farklı yöntemin uygulanmasından kaynaklı

karmaşıklık oranı ve işlem süresi yöntemin zayıf noktasını oluşturmaktadır. Kara ve Stahovich'in yönteminin değiştirilmiş modeli Valentine ve arkadaşları tarafından önerilmiştir [29].

Bir diğer görsel tabanlı yaklaşım olarak 2009 yılında Quyang ve Davis tarafından önerilen görsel deformasyon modelidir (Image Deformation Model – IDM) [30]. Yöntemin orijinalliği özellik çıkarım aşamasında şekle ait geometrik ölçütler yerine özellik görselleri oluşturmasında yatmaktadır. Şekille ilgili özellik görsellerinin oluşturulmasında beş temel özellik incelenmektedir. Beş temel özelliğin ilk dördü çizimin 0, 45, 90 ve 135 derecelik açılar ile incelenmesi ile elde edilmektedir. Referans açı ile çizim açısı karşılaştırılarak her bir referans açı için bir özellik görseli oluşturulmaktadır. Beşinci özellik ise şekil üzerinde son nokta tespiti yapılarak oluşturulmaktadır. Oluşturulan özellik görselleri 24x24 boyutunda özellik görsellerine haritalanmaktadır. Yeniden örnekleme işlemlerinin ardından her bir çizime ait, uzunluğu 720 olan özellik vektörleri elde edilmektedir. Yöntem farklı veri setleri üzerinde yüksek sınıflandırma başarısı elde edebilmektedir.

2.2. Eğitim Alanındaki Uygulamalar

Eğitim öğretiminde modern teknolojilerin kullanılmaya başlanması, bu alandaki uygulama alanının da önünü açmıştır. Özellikle mobil cihazların, tablet bilgisayarların ve akıllı tahtaların eğitim alanında kullanılmaya başlanması bu cihazlar ile kullanılacak uygulamaların geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu ihtiyaca yönelik olarak dokunmatik platformların kullanımını kolaylaştıracak çizim tanıma, çizim güzelleştirme, çizim yorumlama uygulamaları geliştirilmeye başlanmıştır. Eğitim alanında kullanılmak üzere yapılan birçok çalışma [3, 31, 32, 33] bulunmakla birlikte yalnızca ilgili görünen birkaç çalışma incelenecektir.

İlk çalışma akıllı tahtalar ile geliştirilmiş çizim tabanlı bir eğitim sistemidir [31]. Yuan ve Jin tarafından oluşturulan sistemin 4 temel fonksiyonu bulunmaktadır. Bunlar:

- Kullanıcılar arası iletişim: Yazı tabanlı klasik iletişim platformudur.
- Kalem tabanlı çizim platformu: Kullanıcıların çizimlerini yapabilecekleri ortam sağlanmaktadır.
- Çizim tanıma: Bilgisayar bilimlerine ait ER diyagramları ve akış diyagramları gibi yapılar tanınabilmektedir.

- Çevrimiçi öğrenim işlemi: Yönetici, öğretmen ve öğrencinin bir arada bulunduğu platform yapısıdır.

Yuan ve Jin 160 öğrenci ile yaptıkları testlerde, serbest el çiziminin, dijital ortamdaki öğrenme aktivitelerinde çok etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Salman ve arkadaşları tarafından yapılan diğer bir çalışmada, öğrenciler ve akademisyenler için çizim aşamalarını kolaylaştırmak amacıyla bir uygulama geliştirilmiştir [33]. QuickDraw adını verdikleri uygulamada çizilen diyagramlar tanımlanarak güzelleştirme işlemi yapılmaktadır. Çizimleri parçalara ayırıp iteratif olarak ele alan sistem yalnızca çember ve çizgiden oluşan şekiller üzerinde çalışmaktadır.

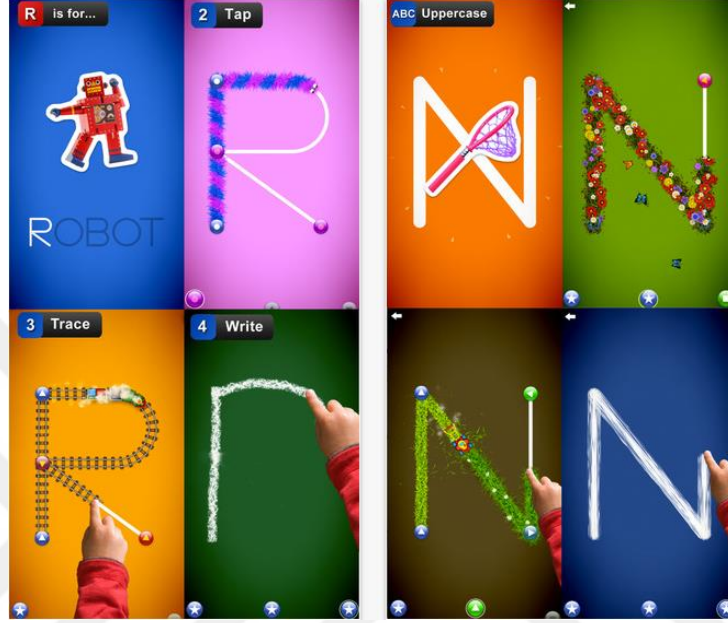
Öğrenci sayılarının yüksek olduğu üniversitelerde ödev verme ve ödev okuma süreçlerinin verimliliğini düşürdüğünü gözlemleyen Valentine ve arkadaşları, bu sürece destek olması için Mechanix'i geliştirmiş [3]. Mechanix mühendislik öğrencilerinin çizim tabanlı uygulamaları için geliştirilmiş bir sistemdir. Mechanix'in benzer sistemlere göre avantajı, öğrenciler tarafından çizilen ödev cevaplarını eğiticiler tarafından hazırlanan şablona göre kontrol ederek cevap doğruluğunu tespit edebilmesidir. Sistem temel şekillerin sınıflandırmasında Paulson ve Hammond tarafından geliştirilen PaleoSketch'i kullanmaktadır [34]. Yapılan çizimleri parçalar halinde tanımlayan sistem daha sonra bu parçaları birleştirerek sonuca ulaşmaktadır. Mechanix günümüzde Texas A&M Üniversitesi ve LeTourneau Üniversitesinde kullanılmaktadır.

2.3. Çocuklar İçin Geliştirilen Uygulamalar

Bu bölümde çocuklar için geliştirilmiş Android ve iOS temelli uygulamalar ve akademik alanda yapılmış benzer çalışmalar incelenecektir.

Uygulama merkezlerinde çocuklar için geliştirilmiş pek çok çizim temelli uygulama mevcuttur [5, 6]. Onlardan biri olan "123s ABCs Kids Handwriting ZBP" çocuklara harf, rakam ve temel şekillerin çizimini öğretmek amacıyla geliştirilmiş bir uygulamadır [35]. Uygulamanın sağladığı çizim ortamı üzerinde çizim şablonları gösterilerek çocukların bu şablonları takip etmeleri beklenmektedir. Ancak uygulama çocuklar için herhangi bir geri bildirim sağlamadığı gibi çizim doğruluğunu da kontrol etmemektedir.

Bir diğerk örnek ise harf ve rakamların çizimini öğretmek amacı ile geliştirilmiş LetterSchool'dur [36]. Benzer uygulamaların birçoğuna göre görsel olarak daha zengin olmasına rağmen yine belirli adımları takip etme mantığından öteye gidememiştir. Hem android hem de ios platformu için geliştirilmiş versiyonları mevcuttur. LetterSchool'a ait ekran görseli Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

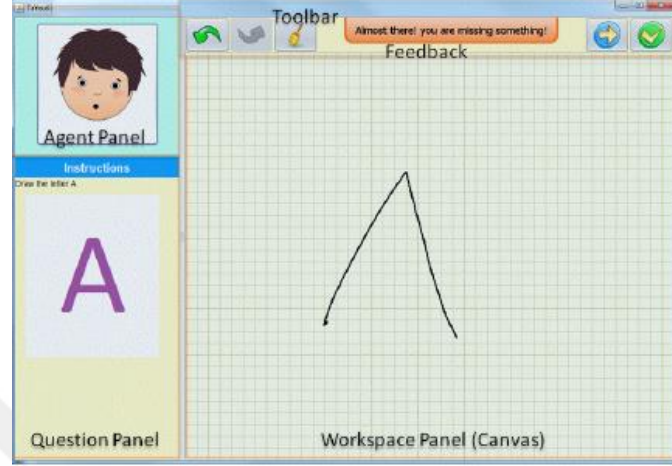


Şekil 2.1. LetterSchool uygulamasına ait ekran görüntüsü [36]

Örneklerden görüldüğü üzere bu tarz uygulamalar çocukların gelişimi için çeşitli aktiviteler sunmalarına rağmen bu süreçleri destekleyici akılcı bir yanları bulunmamaktadır. Birçoğu görsel olarak oldukça zengin ve ilgi çekici olsa da, neredeyse hiçbiri çocukların gelişim süreçlerini takip etmemektedir.

Aynı amaçlar için geliştirilmiş akademik çalışmalar ise daha akılcı çözümler sunabilmektedir. Çocuklar için geliştirilen akademik çalışmalar arasında ele alacağımız ilk örnek TAYouKi'dir [4]. TAYouKi çocukların çizim doğruluklarını değerlendirerek onlara karikatür yüz ifadeleri ve sesli ifadeler ile geri bildirimler yapan çizim temelli bir uygulamadır. Karikatür yüz ifadeleri çocukların çizim geçmişine göre değişerek çizim başarılarını temsil etmektedir. Ancak yüz ifadesinin değişiminde her bir şeklin ne kadar doğru çizildiği değil şekillerin kaç kez doğru veya yanlış çizildiği göz önüne alınmaktadır. Buda çocuklar için şekilleri ne kadar doğru çizdiklerine dair net bir geri bildirim sağlamamaktadır. Uygulamadaki bir diğer eksiklik ise uygulama çocuklar için geliştirilmiş olmasına karşın temel şekillerin sınıflandırılmasında

kullandığı PaleoSketch'in yetişkinlerin çizimleri ile eğitilmiş olmasıdır. Bu durum çocukların çizim değerlendirmelerinde onlar için adil olmayan bir ortam yaratmaktadır. Ayrıca TAYouKi mobil platformlar için geliştirilmemiştir. TAYouKi'ye ait ekran görüntüsü Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. TAYouKi'ye ait ekran görüntüsü [4]

Akademik uygulamalar arasında inceleyeceğimiz ikinci örnek ise EasySketch'dir [37]. Veri setinde rakamlar ve A'dan F'ye kadar harfler bulunan uygulamada, sınıflandırma işlemleri Tanimoto katsayısı ile yapılmaktadır. Uygulamada çocukların çizim geçmişlerine göre bir model oluşturarak, 7 farklı duyguyu temsil eden geri bildirimler yapmaktadır. Uygulamanın geliştirilmesine yönelik olarak farklı çalışmalarda yapılmıştır [38]. EasySketch'de TAYouKi gibi mobil platformlar için geliştirilmemiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda çocukların çizim süreçlerini destekleyici uygulamaların oldukça az sayıda oldukları görüldüğünden tez çalışması için temel motivasyon, çocukların temel şekiller üzerindeki çizim yaklaşımlarının incelenmesi ve çizim süreçlerini destekleyici geri bildirimler verilmesi olarak belirlenmiştir. Çalışmada sınıflandırma aşamaları için, çizim sınıflandırma alanında kendini kanıtlamış olan destek vektör makinesi tercih edilmiştir.

3. ÖN İŞLEME

Uygulama üzerinde çizilen şekillerin eşit koşullarda değerlendirilebilmesi için bazı ön işleme adımlarının uygulanması gerekmektedir. Bu bölümde çizimlere uygulanan ön işleme adımları ve nasıl uygulandıkları anlatılacaktır.

3.1. Yeniden Örnekleme

Yapılan çizimlerin eşit koşullarda karşılaştırılabilmesi için, çizim verilerinin eşit sayıda nokta içeriyor olması gerekmektedir. Ancak yapılan çizimlerdeki nokta sayısı çizim hızına, çizim yapılan cihaza, çizen kişiye, çizen kişinin çizim ortamına aşinalığına göre farklılık göstermektedir. Tamamen aynı şeklin çizilmesine karşın yavaş yapılan bir çizimde hızlı yapılan bir çizime göre daha çok nokta bulunmaktadır.

Giriş verilerindeki nokta sayısı farklılıklarının ortadan kalkması için, ham verilerin yeniden örneklenmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak, çalışmamızda Wobbrock ve arkadaşlarının \$1 tanımlayıcısında kullandıkları yeniden örnekleme (resampling) algoritması kullanılmıştır [39]. Algoritmanın uygulanması ile giriş verisi üzerinde farklı uzaklıklarda dağılmış olan M adet nokta yeniden örneklenerek, birbirinden eşit uzaklıkta N adet noktaya dönüştürülmektedir. Burada N değeri örnekleme sonucunda elde etmek istenilen nokta sayısını temsil etmektedir. Örneklenmiş ve örneklenmemiş veri Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Ham nokta dizisinin yeniden örneklenmesi

N değerinin seçiminde bilgi kazancı ile hesaplama süresi arasındaki dengenin uygulama ihtiyaçlarına göre göz önüne alınması gerekmektedir. Küçük seçilen N değeri işlem süresini kısaltmasına karşın noktalar arası uzaklığı arttırdığı için bilgi kaybına neden olmaktadır. Şekle ait genel bilgilerin yeterli olduğu uygulamalarda N değeri küçük seçilerek işlem maliyeti düşürülebilmektedir. Aynı örnekleme yöntemini

kullanan sınıflandırma temelli çalışmalarda N değeri 64 olarak seçilmiştir [37, 39]. Ancak bu tez çalışmasında sınıflandırma aşamalarından sonra çizim yaklaşıklığı da ölçüleceği için şekil hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle N değeri 128 olarak seçilmiştir.

Yeniden örnekleme algoritması üç temel adımdan oluşmaktadır. Bunlar:

- M noktanın oluşturduğu yolun toplam uzunluğunun,
- N nokta için, noktalar arası uzaklığın,
- Noktaların yeni konumlarının hesaplanmasıdır.

Birinci adımda hesaplanacak olan toplam uzunluk, sınır hattını oluşturan noktalar arası uzaklıkların toplanması ile elde edilebilir. Toplam uzunluğun hesaplanmasını gerçekleştiren kod Ek 1 bölümünde Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

Yeniden örnekleme aşamasında N noktanın hat boyunca eşit uzaklıkta dağılması beklenmektedir. Bu durumda N nokta için N-1 adet aralık oluşmaktadır. İkinci adımda yer alan noktalar arası uzunluğu adım boyu (step size) ile ifadelendirirsek, basitçe toplam uzunluğun aralık sayısına bölünmesiyle hesaplanabilir. Adım boyunun hesaplanmasını gerçekleyen kod Ek 1 bölümünde Şekil 1.2’de gösterilmiştir.

Adım boyunun biliniyor olması ile M nokta ilk değerden başlanarak yeniden örneklenebilmektedir. Noktaların yeniden hesaplanmasında noktalar arası kat edilen mesafeler toplamının adım boyunu aştığı yerde yeni bir nokta eklenmektedir. Yeni noktalara ait konum değerleri önceki ve sonraki nokta değerleri kullanılarak doğrusal interpolasyon ile hesaplanmaktadır. Noktaların yeniden hesaplanmasında kullanılan kod Ek 1 bölümünde Şekil 1.3’te gösterilmektedir. Yeniden örnekleme adımlarının ardından şekiller eşit uzaklıklarla konumlandırılmış 128 nokta ile temsil edilmektedir.

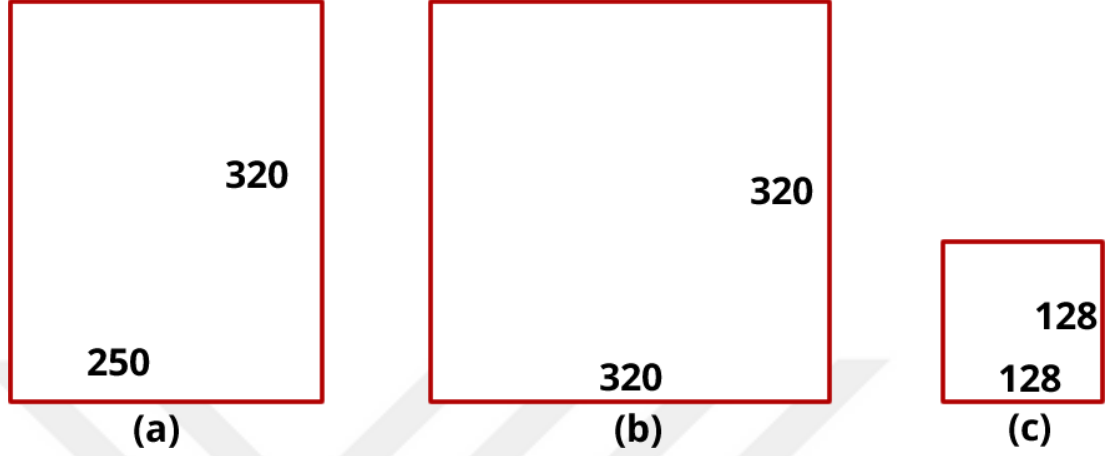
3.2. Yeniden Ölçeklendirme

Çizilen görseller eşit sayıda nokta ile örneklenmiş olsa da, görseller arası boyut farkı onların eşit koşullarda değerlendirilmesini engellemektedir. Bu nedenle çizimler yeniden örnekleme işleminin ardından 128x128 boyutuna ölçeklenmektedir. Yeniden ölçekleme iki adımda gerçekleştirilebilmektedir [37]. Bunlar:

- Sınırlayıcı kutu oluştur (128x128) [37].

- Şekle ait sınırlayıcı kutunun kısa eksenini genişleterek bir kare elde et ve şekli taşı [37].

Yeniden ölçekleme adımları Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Yeniden ölçekleme (a) Orijinal çizim, (b) Ekseni genişletilmiş çizim, (c) Yeniden ölçeklenmiş çizim

Ön işleme adımlarının ardından çizim verileri özellik çıkarımı aşamaları için hazır hale gelmektedir. Bu adımlar sonrasında birbiriyle eşit uzaklıkta ve eşit sayıda noktaya sahip, aynı ölçek değerinde şekiller elde edilmektedir.

4. ÖZELLİK ÇIKARIMI

Çalışma kapsamında ele alınan şekillerin temel geometrik şekiller olması nedeniyle özellik çıkarımı aşamalarında genel geometrik özellikler kullanılmıştır. Çizimler serbest olarak yapılacağından, özellik çıkarımı aşaması sonunda elde edilen özelliklerin yön ve konum bağımsız olmasına dikkat edilmiştir.

4.1. Özelliklerin Elde Edilmesi

Bu bölümde öncelikle özellik çıkarımı aşamalarında kullanılan temel geometrik ifadeler açıklanarak, hesaplamalarında kullanılan algoritmalar aşamalar halinde anlatılacaktır. Ardından temel geometrik ifadeler ile elde edilen değerler kullanılarak özellik vektörünün nasıl oluşturulduğu anlatılacaktır.

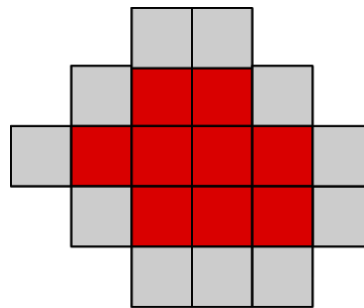
4.1.1. Alan-çevre

Alan ve çevre parametreleri, özellik çıkarımı aşamasında hem kullanıcı tarafından çizilen (orijinal) şekil üzerinden hem de orijinal şekilden türetilen diğer şekillerden elde edilmektedir. Genel bir ifade ile açıklarsak:

Alan: Verilen şeklin kapladığı bölgedeki piksel sayısı,

Çevre: Verilen şeklin kapladığı bölgenin sınır noktalarındaki piksel sayısı

olarak ifade edilebilir. Alan ve çevre Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

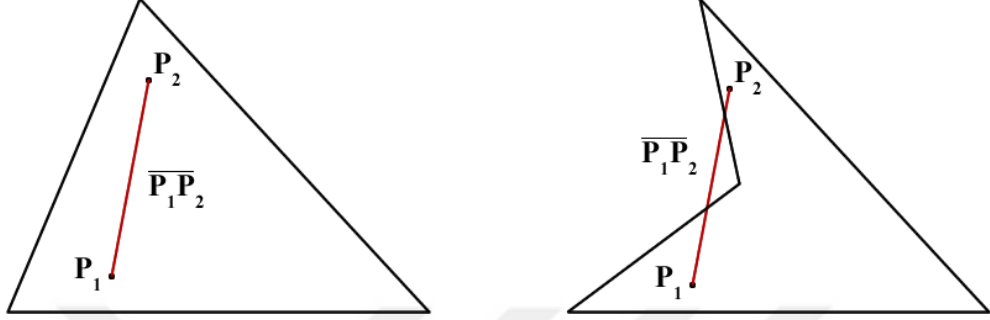


Şekil çevresi - 11 piksel
Şekil alanı - 20 piksel

Şekil 4.1. Şekle ait çevre ve alan gösterimi

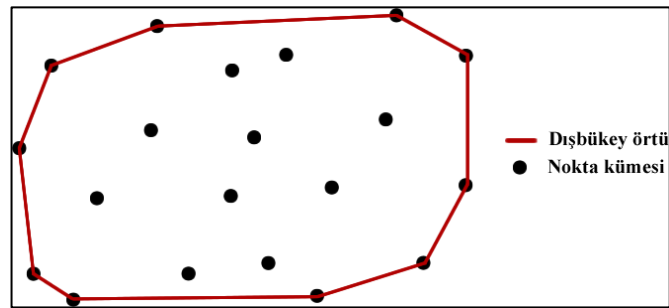
4.1.2. Dışbükey örtü

Öklid uzayındaki bir şekil için, şekle ait bölgedeki noktalar kümesinde bulunan her bir nokta çiftini birleştiren doğrular, tümüyle şekil içindeyse dışbükeydir denir [40]. Şekil 4.2’de dışbükey ve dışbükey olmayan (iç bükey) şekillere örnek verilmiştir.



Şekil 4.2. Dışbükey (solda) ve içbükey (sağda) şekiller

Bir bölgeye ait dışbükey örtü (Convex hull), o bölgeyi kapsayan en küçük alanlı dış bükey bölgeyi ifade etmektedir [40]. Daha basit bir ifade ile verilen noktalar kümesini dış kısmından lastik bir bant ile çevrelediğimizi varsayarsak, elde ettiğimiz şekil bize dış bükey örtüyü vermektedir. Hesaplamalı geometri uygulamalarında sıklıkla kullanılan dış bükey örtü, işlemlerde kullanılan nokta sayısını azalttığı için işlem maliyetini de düşürmektedir. Örnek olarak bir üçgeni ve onun dışbükey örtüsünü çevreleyen şekil aynıdır. Ancak genellikle dışbükey örtü şekle oranla daha az nokta içerdiği için bu hesaplamaları yapmak kolay olmaktadır [41]. Şekil 4.3’te örnek nokta kümesi için dış bükey örtü gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Noktalar kümesi için dış bükey örtünün gösterimi

Dışbükey örtünün hesaplanması için geliştirilmiş bir çok algoritma bulunmaktadır [42, 43, 44, 45]. Ancak gerek çalışma süreleri gerekse uygulama kolaylıkları ile birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Bu tez çalışmasında Gift wrapping (Hediye paketlenme)

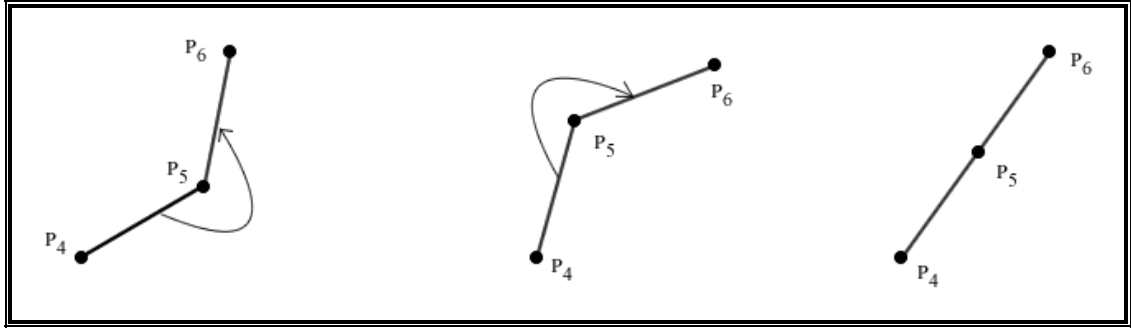
[42], Graham scan (Graham taraması) [43] ve Monotone chain (Monoton zincir) [44] algoritmaları incelenmiştir. Temel olarak üçüde aynı olmasına karşın başlangıç sıralaması yapmadığı için Gift wrapping algoritması daha yavaş çalışmaktadır $O(nh)$. Graham scan ve monotone chain algoritmaları ise başlangıçta yaptıkları sıralama biçimleri ile birbirlerinden ayrılmaktadır. Graham scan algoritması açısız değerlere göre sıralama yaparken Monotone chain algoritması noktaların x, y eksenlerindeki değerlerine göre sıralama yapmaktadır. Açık değerlerine göre sıralama işlemi, x, y koordinatlarına göre sıralama işleminden daha karmaşık bir hal almaktadır. Ayrıca noktaların sıralı olarak alınabilir olduğu durumlarda eksenlere göre sıralama işlemi gerekmemektedir.

Monotone chain algoritması 4 temel adımdan oluşmaktadır. Bunlar:

- Noktaları x eksenindeki değerlerine göre artan biçimde sıralama (eğer x eksenindeki değerlerde eşitlik var ise y eksenindeki değerleri kullan)
- Sıralanan noktalar kümesinin ilk değerinden (P_0) başlayarak son değere (P_n) kadar ilerleyerek üst örtüyü oluşturma.
- P_n 'den başlayarak P_0 'a kadar ilerleyerek alt örtüyü oluşturma.
- Üst ve alt örtüyü birleştirme.

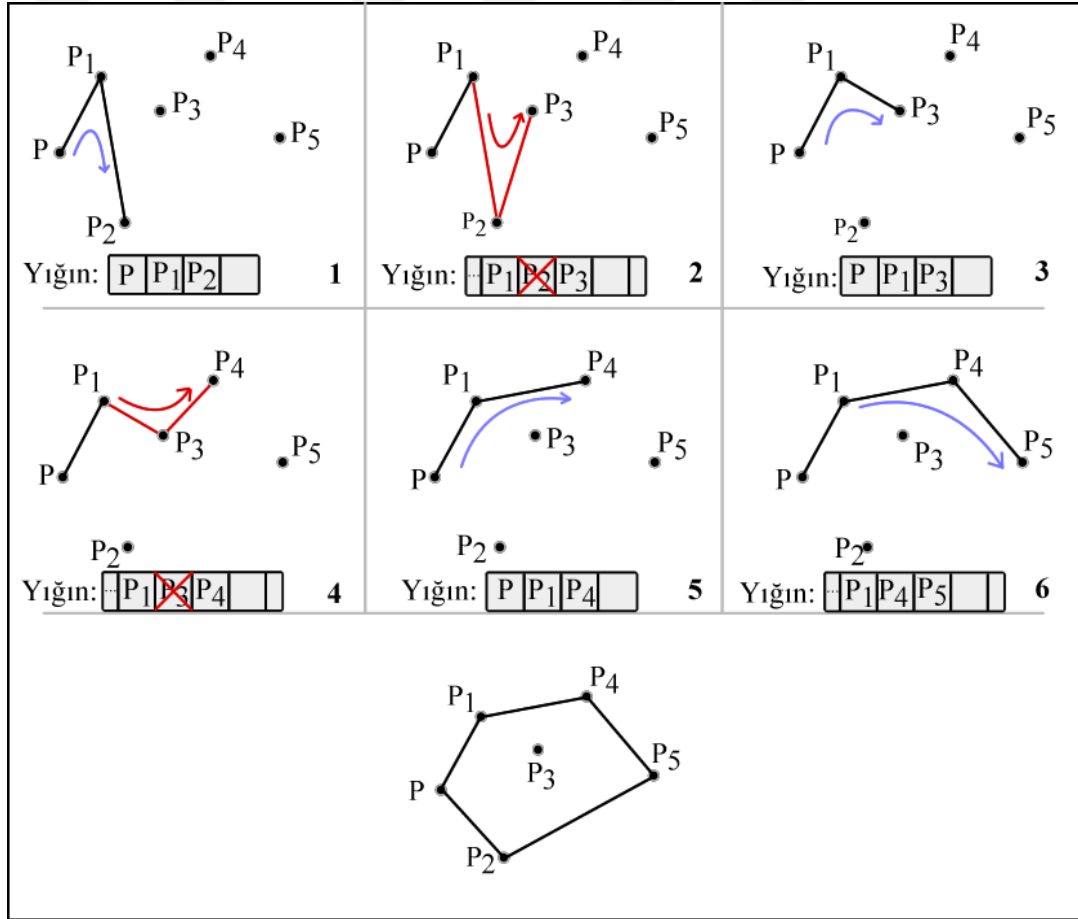
Algoritmanın ilk maddesinde yer alan x, y eksenlerine göre sıralama işlemi herhangi bir sıralama algoritması kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu adımdan sonraki işlemler sıralı olarak liste boyunca ilerlediği için algoritmanın zamansal karmaşıklığını bu adım belirlemektedir.

İkinci ve üçüncü adımların temel fikri, dışbükey örtüyü üst örtü ve alt örtü olmak üzere iki parça halinde hesaplamaktır. Sıralı noktalar kümesinde ilk noktadan başlamak üzere bir yığın (stack) içerisinde dış bükey örtüye ait olduğu varsayılan noktalar tutulmaktadır. P_4 , P_5 , P_6 yığına eklenen son üç nokta olmak üzere; bu üç noktanın oluşturduğu hat, saat yönünün tersi yönde bir dönüş oluşturuyor ise P_5 dış bükey örtüye dahil değildir denir ve yığından çıkartılır. Noktalar saat yönünde dönüş yapıyor veya doğrusal bir hat oluşturuyor ise bir sonraki nokta yığına alınarak aynı işlem tekrarlanır. Noktaların oluşturdukları hat yönleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Dönüş yönleri

Üst örtü için işlem adımları uygulanarak son noktaya ulaşıldığında aynı işlem adımları alt örtü için tekrarlanır. Üst örtünün oluşturulmasında algoritma adımlarının uygulanışı ve örnek noktalar kümesine ait dış bükey örtü Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

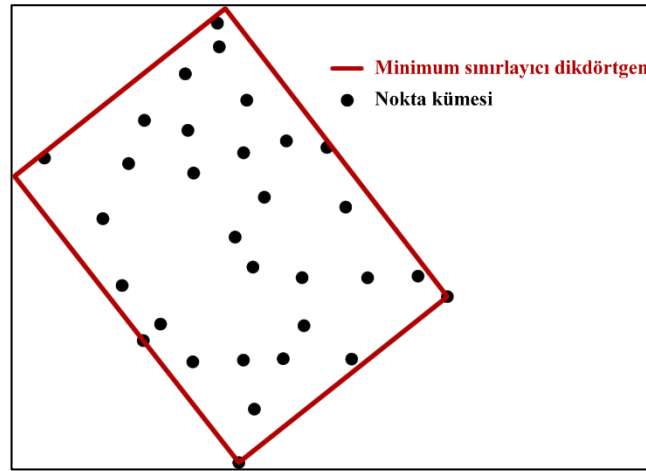


Şekil 4.5. Monotone Chain algoritması

4.1.3. En küçük alanlı sınırlayıcı dikdörtgen

En küçük alanlı sınırlayıcı dikdörtgen, bir şekli veya noktalar kümesini içine alan minimum alanlı dikdörtgeni ifade etmektedir [40]. Şekil 4.6’da görüldüğü üzere şekillere ait sınırlayıcı dikdörtgenin eksenlere paralel olması gerekmemektedir. Genellikle de eksenlere paralel olmamaktadır. Sınırlayıcı dikdörtgenin hesaplanmasındaki zorlukta bu noktada yatmaktadır.

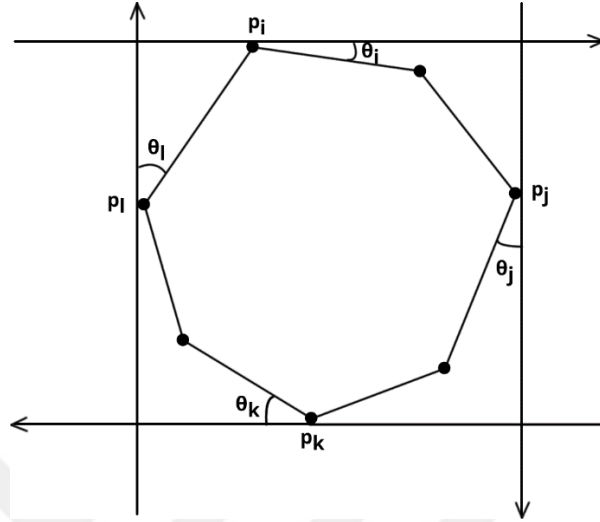
Freeman ve Shapira en küçük alanlı sınırlayıcı dikdörtgenin hesaplanması için bir algoritma önermişlerdir [46]. Önerdikleri algoritma şekle ait her bir kenar için $O(n)$ sürede bir dikdörtgen oluşturarak, bu dikdörtgenler arasında minimum alanlı dikdörtgeni seçme işlemini toplam $O(n^2)$ sürede tamamlamaktadır [46]. Önerdikleri algoritma $O(n^2)$ karmaşıklığa sahip olmasına karşın, algoritma ile birlikte ispatladıkları teorem ile başka algoritmalarında bu problem için kullanabileceğini göstermişlerdir. Teoremlerinde, dışbükey çokgeni çevreleyen minimum alanlı dikdörtgenin bir kenarının, çokgenin bir kenarı ile aynı doğrultuda olduğu ifade edilmektedir [46]. Bu teorem doğrultusunda en küçük alanlı sınırlayıcı dikdörtgenin hesabı, dönel kompas (rotating calipers) algoritması kullanılarak $O(n)$ sürede çözülebilmektedir [47].



Şekil 4.6. Minimum alanlı sınırlayıcı dikdörtgen

Teoremden de anlaşıldığı üzere, yöntemin uygulanabilmesi için dışbükey bir şekil gerekmektedir. Bu nedenle en küçük alanlı sınırlayıcı dikdörtgenin hesaplanmasından önce orijinal şekle ait dışbükey örtünün hesaplanması gerekmektedir. Dışbükey örtünün hesaplanmasının ardından dönel kompas algoritması uygulanarak sınırlayıcı

dikdörtgen elde edilmektedir. Dönel kompas algoritmasının Freeman ve Shapira tarafından önerilen algoritmaya göre avantajlı olmasındaki temel sebep, her bir kenar için ayrı ayrı dikdörtgenler hesaplamak yerine başlangıçta oluşturduğu dikdörtgeni kenarlar boyunca döndürmesidir.

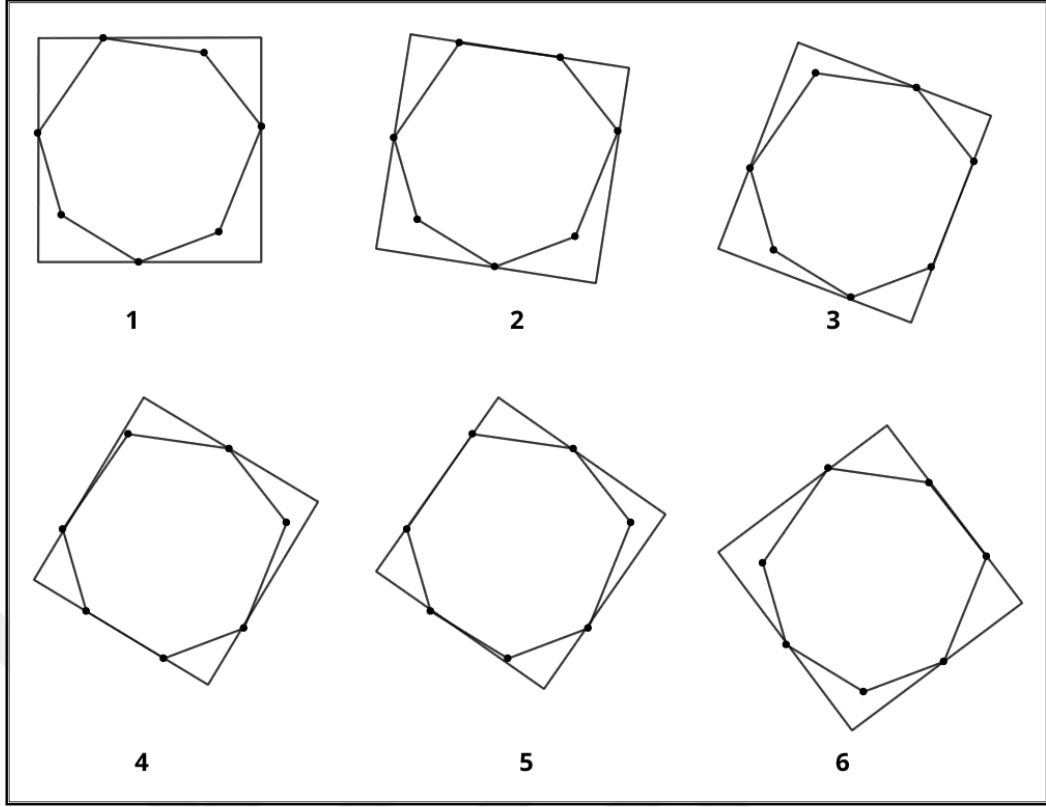


Şekil 4.7. Köşe noktaları ve destek doğruları

Algoritma 6 adımdan oluşmaktadır. Bunlar:

- Maksimum ve minimum x ve y değerlerine sahip köşe noktalarının tespit edilmesi [47]. Köşe noktaları p_i , p_j , p_k , p_l olmak üzere Şekil 4.7'de gösterilmiştir.
- x ve y eksenlerine paralel ve birbirlerine dik olacak şekilde p_i , p_j , p_k , p_l köşe noktalarının destek doğrularının çizilmesi [47].
- Destek vektörleri ile köşe noktaları arasındaki açıları sırasıyla θ_i , θ_j , θ_k , θ_l ile gösterirsek minimum açı değerinin seçilmesi ve destek vektörlerinin açı değeri kadar döndürülmesi [47].
- Döndürme işlemi sonucunda elde edilen yeni dikdörtgenin alanının hesaplanması.
- Elde edilen yeni alan mevcut minimum alandan küçük ise minimum alan bilgisinin güncellenmesi.
- Adımlar tekrarlanarak çokgenin her bir kenarı için hesaplamaların yapılması [47].

Örnek şekil üzerinde dönel kompas algoritmasının uygulanması sonucu gerçekleşen ilk 6 işlem adımı grafiksel olarak Şekil 4.8'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Dönel kompas algoritmasının uygulanışı

4.1.4. En büyük alanlı çevrelenmiş üçgen

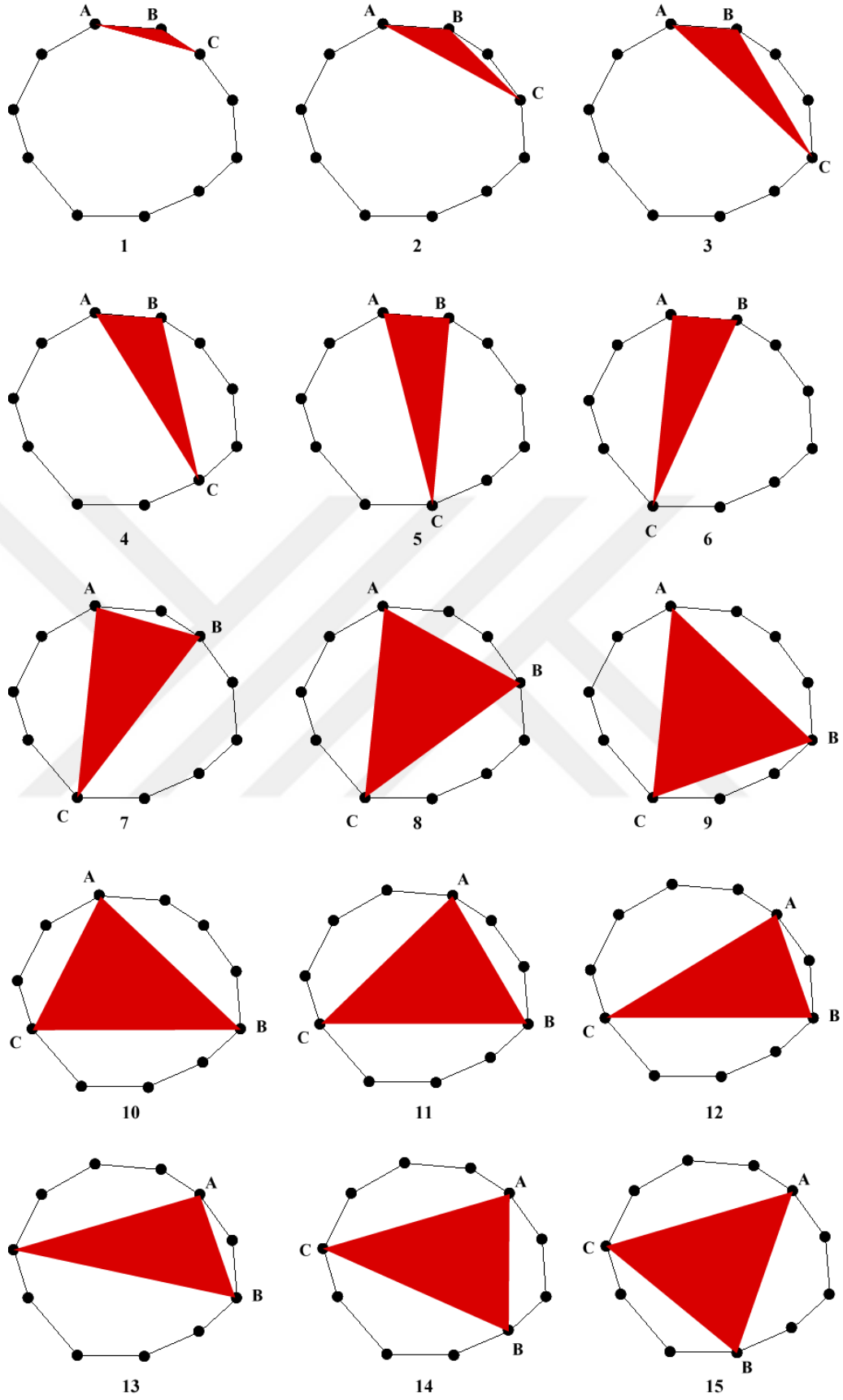
En büyük alanlı çevrelenmiş üçgen, dışbükey bir şeklin içine çizilebilecek en büyük üçgeni ifade etmektedir. Üçgenin hesaplanması kaba kuvvet ile yapılmaya çalışıldığında, problem $O(n^3)$ hesaplama karmaşıklığına sahip olmaktadır. Dobkin ve Snyder tarafından 1979 yılında önerilen algoritma ile problem çok daha düşük bir maliyetle $O(n)$ hesaplama karmaşıklığında çözebilmektedir [48].

Önerilen algoritma, giriş verisi olarak orijinal şekle ait dışbükey örtünün köşe noktalarını sıralı olarak almaktadır. Dışbükey örtünün köşe noktalarını $P_n = z_0, z_1, z_2, \dots, z_{n-1}$ şeklinde ifade etmek üzere algoritma dört adımda ifade edilebilir. Bunlar:

1. Sıralı olarak alınan noktalar kümesinin ilk üç değeri başlangıç değeri olarak alınır. Başlangıç değerleri sırası ile $A = z_0, B = z_1, C = z_2$ şeklindedir.
2. C noktasını bir ilerleterek $\text{Alan}(A,B,C) \leq \text{Alan}(A, B, C+1)$ kontrolü yapılır. Eğer koşul sağlanıyor ise C noktası C+1 noktasına ilerletilir ve yeni değerler için ikinci madde tekrarlanır. Koşul sağlanmıyor ise üçüncü adıma geçilir.

3. B noktası bir ilerletilerek $\text{Alan}(A, B, C) \leq \text{Alan}(A, B+1, C)$ kontrolü yapılır. Eğer koşul sağlanıyor ise ikinci maddeye dönülür. Koşul sağlanmıyor ise dördüncü maddeye geçilir.
4. A noktası bir ilerletilerek ikinci adıma dönülür. Bu adımda A noktasının ilerlemesiyle alanın artıp artmadığı kontrol edilmez. A noktası tüm noktalarda ilerleyerek başlangıç değerine dönene kadar algoritma adımları uygulanarak devam edilir

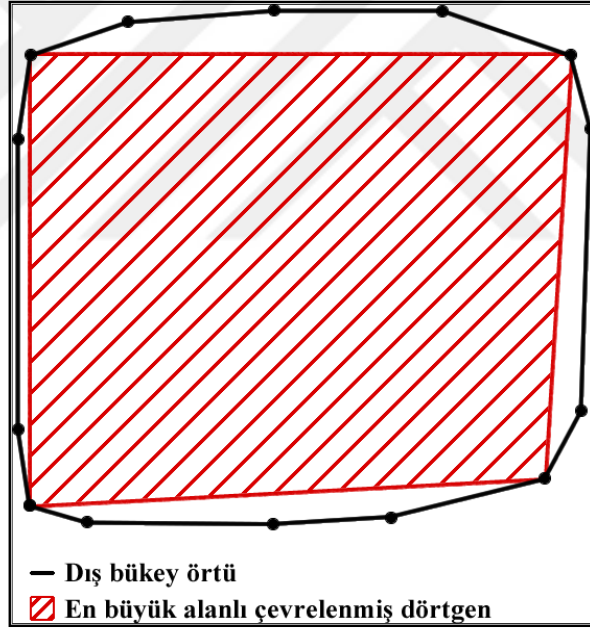
Algoritma adımları uygulanırken A noktası ilerlediğinde B noktası ile çakışıyor ise B noktası da bir ilerletilir. Benzeri şekilde B noktası ilerlediğinde C noktası ile çakışıyor ise C noktası da bir ilerletilir. Adımlar tamamlandığında en yüksek alan değerine sahip olan değerler seçilir. Şekil 4.9'da örnek şekil üzerinde algoritmanın uygulanması sonucu gerçekleşen ilk 15 işlem adımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.9. En büyük alanlı çevrelenmiş üçgenin hesaplanması

4.1.5. En büyük alanlı çevrelenmiş dörtgen

En büyük alanlı çevrelenmiş dörtgen, dışbükey bir şeklin içine çizilebilecek en büyük alanlı dörtgeni ifade etmektedir. Tanımından da görüldüğü üzere en büyük alanlı çevrelenmiş üçgen ile aynı temel yapıyı taşımaktadır. Bu nedenle Dobkin ve Snyder'in önermiş olduğu algoritma en büyük alanlı dörtgen problemi için de kullanılabilir [48]. Algoritmanın uygulanışında, çevrelenmiş üçgenin tanımındaki A, B, C noktalarına ek olarak bir D noktası eklenmektedir. Algoritmanın akışına D noktasından başlanılarak $\text{Alan}(A, B, C, D) \leq \text{Alan}(A, B, C, D+1)$ kontrolü yapılmaktadır. Eğer koşul sağlanıyorsa D noktası bir ilerletilmektedir. Eğer sağlanmıyor ise kalan üç nokta için en büyük alanlı üçgenin hesabına benzer adımlar gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.10'daki örnek şekil üzerinde en büyük alanlı çevrelenmiş dörtgen grafiksel olarak gösterilmektedir.



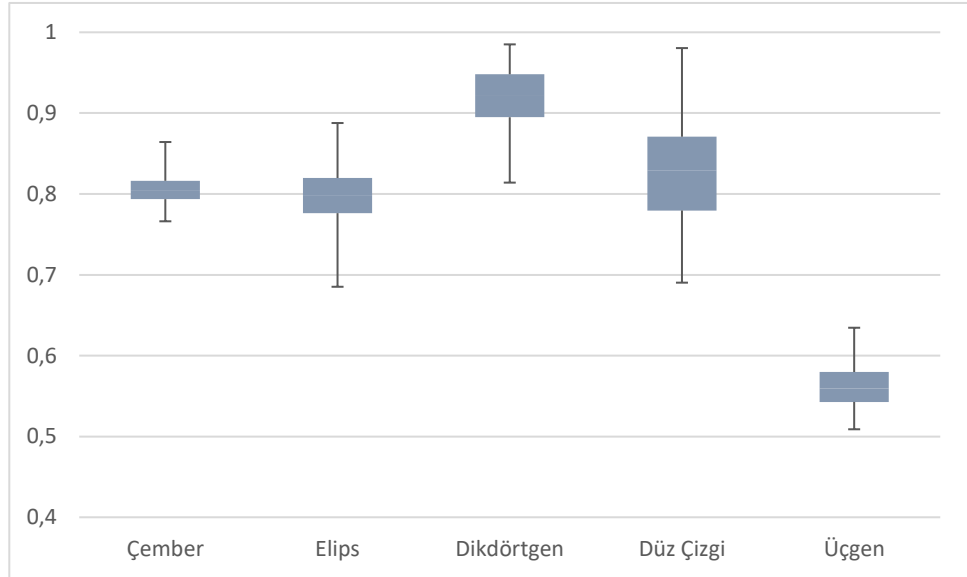
Şekil 4.10. En büyük alanlı çevrelenmiş dörtgen

4.2. Özellik vektörünün oluşturulması

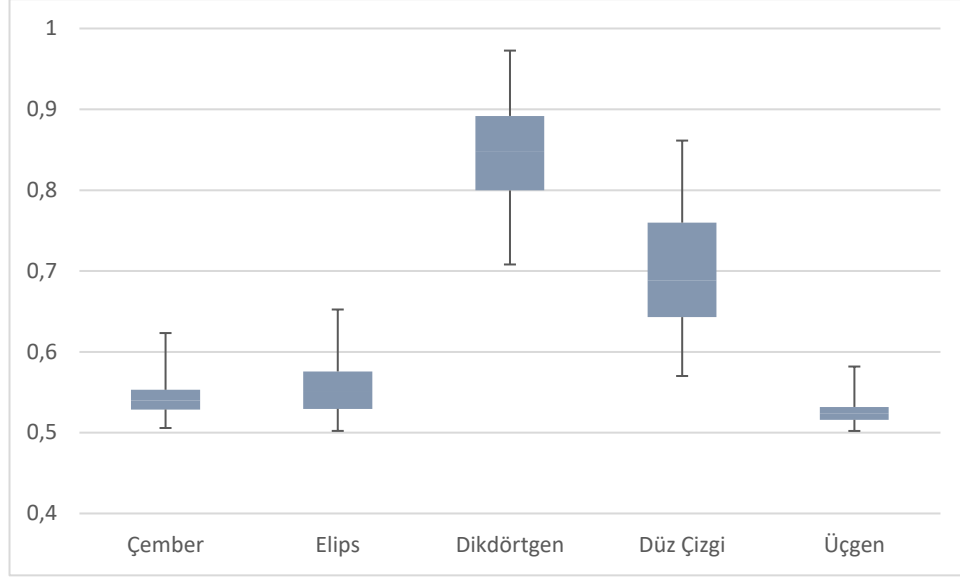
Bu bölümde, Bölüm 4.1'de oluşturulan geometrik ifadeler kullanılarak şekilleri birbirinden ayıracak özellik vektörü oluşturulacaktır. Oluşturulan özelliklerin veri seti üzerinde dağılımları gösterilerek, hangi şekillerin ayırımında kullanıldığı ifade edilecektir. Şekillere ait özellikler ifade edilirken aşağıdaki kısaltmalar kullanılacaktır.

- Ach = Dışbükey örtünün alanı [9]
- Pch = Dışbükey örtünün çevresi [9]
- Aer = Şeklin dışbükey örtüsünü çevreleyen en küçük alanlı dikdörtgenin alanı [9]
- Alq = Şeklin dışbükey örtüsünün içine sığan maksimum alanlı dörtgenin alanı [11]
- Alt = Şeklin dışbükey örtüsünün içine sığan maksimum alanlı üçgenin alanı [11]
- Her = Şeklin dışbükey örtüsünü çevreleyen en küçük alanlı dikdörtgenin yüksekliği [11]
- Wer = Şeklin dışbükey örtüsünü çevreleyen en küçük alanlı dikdörtgenin genişliği [11]

Özellik vektöründe kullanılan özelliklerden ilk ikisi Ach/Aer ve Alq/Aer oranlarıdır. Bu oranlar dikdörtgen şekiller ile diğer şekiller arasında ayırıcı rol oynamaktadır. Bu oranların değeri dikdörtgen şekillerde 1'e yakın değerler alırken diğer şekillerde daha düşük değerler almaktadır [11]. Ach/Aer ve Alq/Aer oranlarının veri seti üzerindeki dağılımları sırasıyla Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de gösterilmektedir.

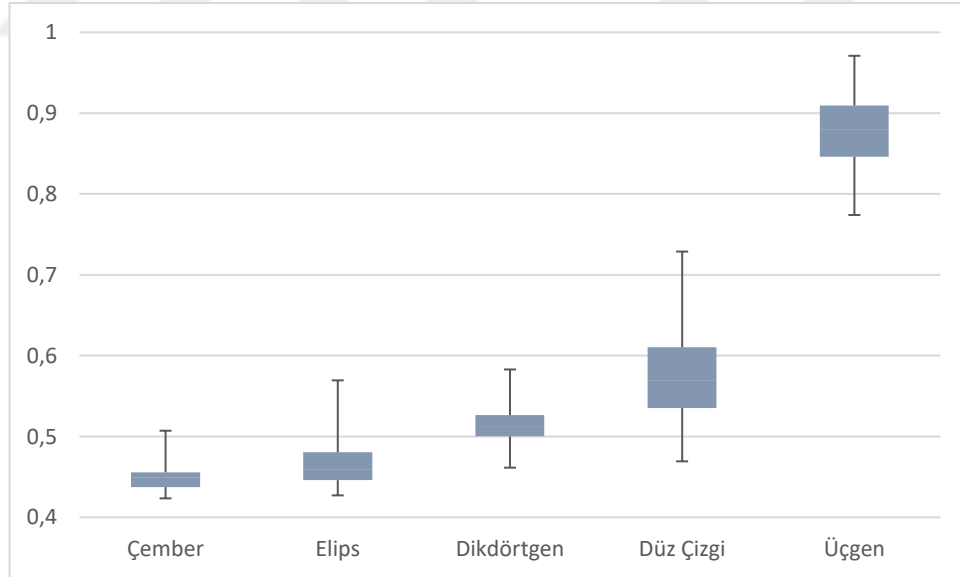


Şekil 4.11. Ach/Aer oranının veri seti üzerindeki dağılımı



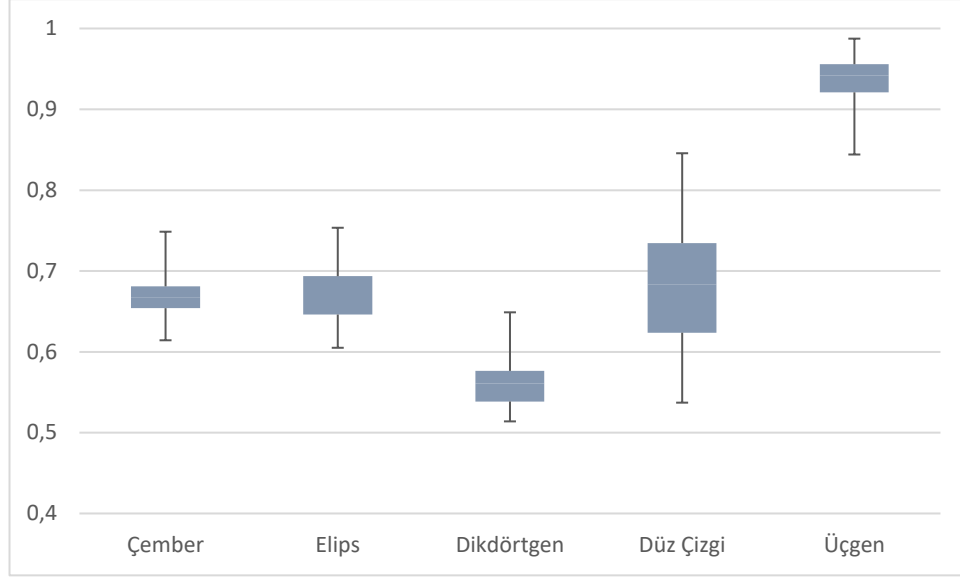
Şekil 4.12. Alq/Aer oranının veri seti üzerindeki dağılımı

Kullanılan üçüncü özellik Alt/Ach oranıdır. Bu oran üçgen şekiller ile diğer şekilleri ayırmaktadır. Üçgen şekiller için oran değeri 1'e yaklaşırken diğer şekiller için daha küçük değerler almaktadır [11]. Şekil 4.13'te Alt/Ach oranının veri seti üzerindeki dağılımı gösterilmektedir.



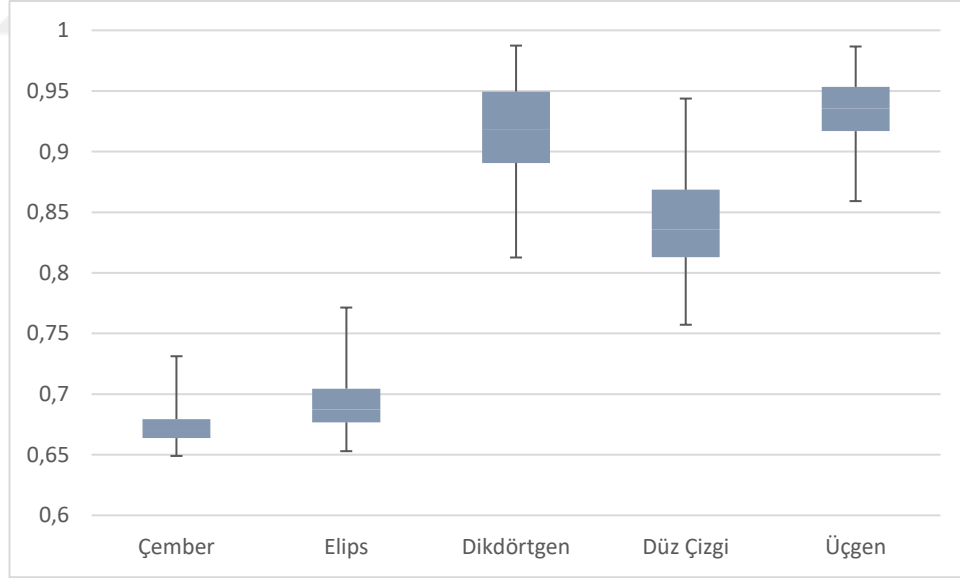
Şekil 4.13. Alt/Ach oranının veri seti üzerindeki dağılımı

Üçgen şekillerin ayırımında faydalı olan bir diğer özellik ise Alt/Alq oranıdır. Bu oranın değeri üçgen şekillerde 1'e yaklaşırken diğer şekillerde daha düşük değerler almaktadır [11]. Alt/Alq oranının veri seti üzerindeki dağılımı Şekil 4.14'te gösterilmektedir.



Şekil 4.14. Alt/Alq oranının veri seti üzerindeki dağılımı

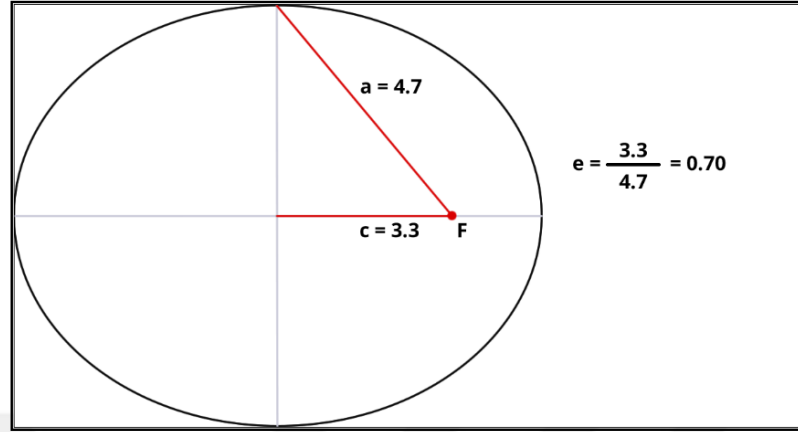
Çember ve elips şekillerini diğerlerinden ayırmak için Alq/Ach oranı kullanılmaktadır. Alq/Ach oranı çember ve elips şekillerinde yaklaşık 0.7 değerini alırken diğer şekillerde daha yüksek değerler almaktadır [11]. Şekil 4.15'te Alq/Ach oranının veri seti üzerindeki dağılım gösterilmektedir.



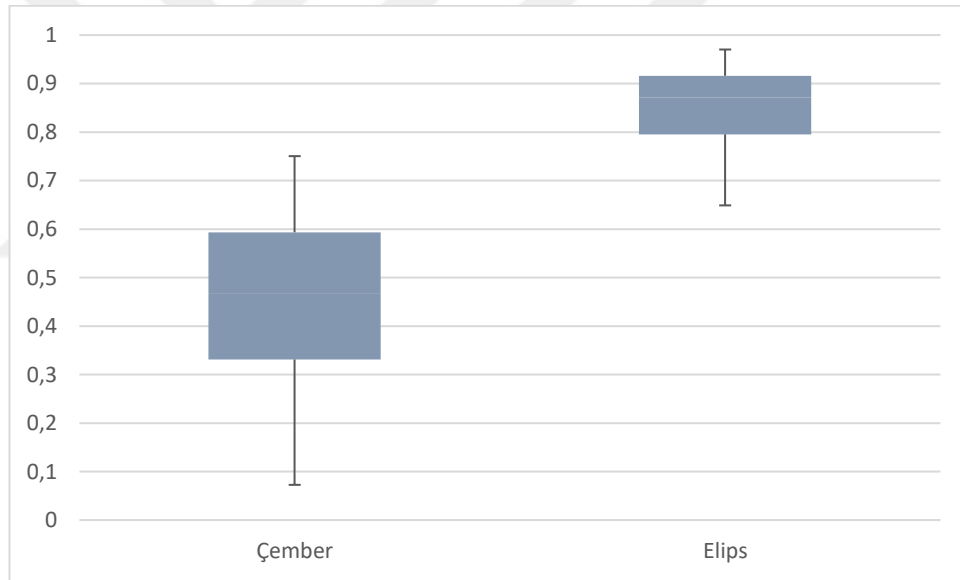
Şekil 4.15. Alq/Ach oranının veri seti üzerindeki dağılımı

Çember ve elips şekilleri birbirinden ayırmak için ise dış merkezlilik kullanılmaktadır. Dış merkezlilik (eccentricity), elips bir şeklin ne kadar oval olduğunun ölçütünü vermektedir [49]. Dış merkezlilik $e = \frac{c}{a}$ formülü ile hesaplanabilmektedir [49, 50]. Formülde yer alan c değeri merkez noktasından bir

odak noktasına uzaklığı ifade ederken, a değeri ise odak noktasından tepe noktasına olan uzaklığı ifade etmektedir. Şekil 4.16’da dış merkezlik görsel olarak ifade edilmiş, Şekil 4.17’de ise dış merkezliliğin çember ve elips şekiller için dağılımı gösterilmiştir.



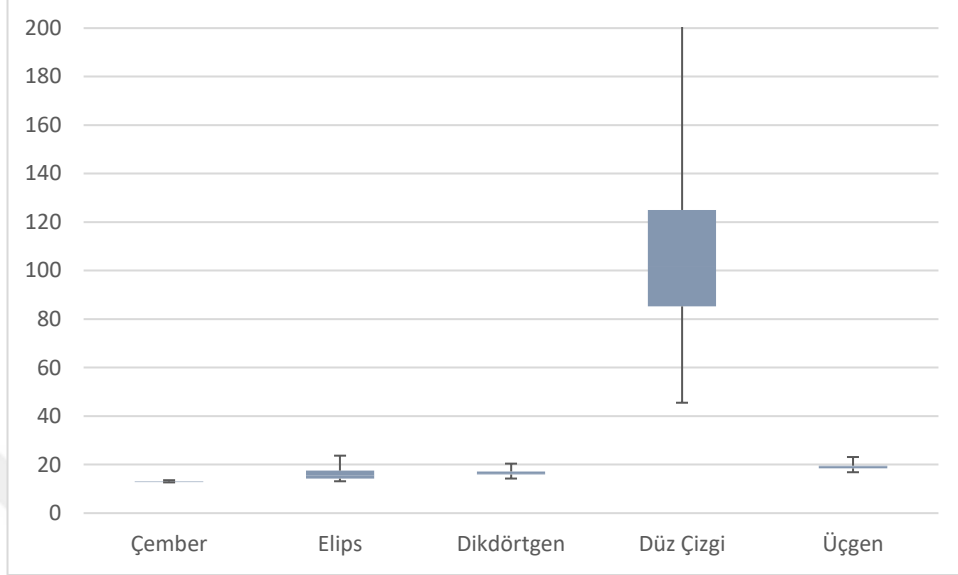
Şekil 4.16. Dış merkezliliğin hesaplanması



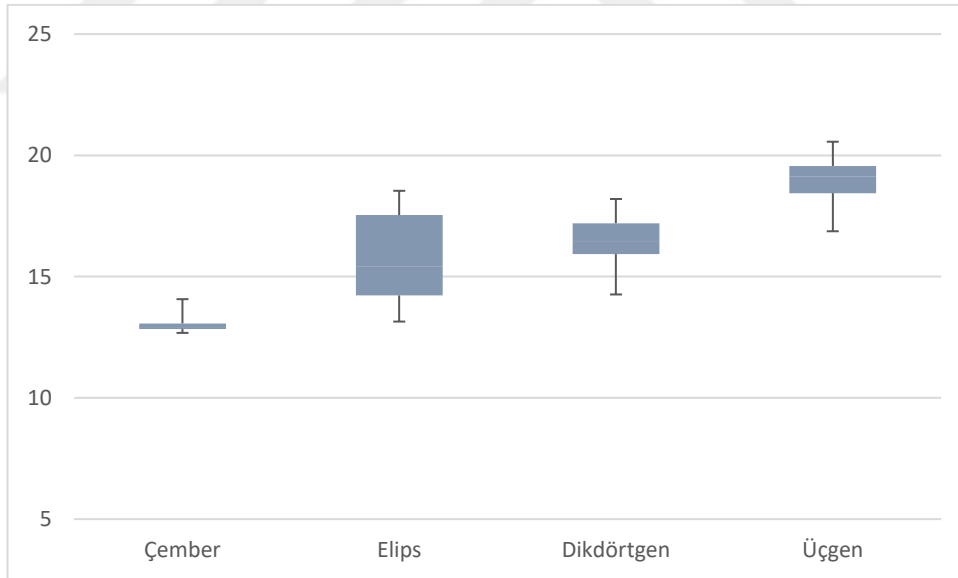
Şekil 4.17. Dış merkezliliğin veri seti üzerindeki dağılımı

Kullanılan bir diğer özellik olan incelik oranı (thinness ratio), çizgi ve çember şekillerini diğer şekillerden ayırt etmede faydalı olmaktadır [11]. Bu oran, $\frac{Pch^2}{Ach}$ formülü ile hesaplanabilmektedir [11]. Çevrelediği alana göre diğer şekillerden daha düşük çevre uzunluğuna sahip olması nedeniyle, bu oranın değeri çember şekillerde diğer şekillere göre daha düşük olmaktadır. Çember şekillere ait incelik oranı yaklaşık 4π olarak hesaplanmaktadır. Çizgi de ise çevre uzunluğu yüksek olmasına karşın çevrelediği alan çok düşük olduğundan, incelik oranı diğer şekillere göre çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Şekil 4.18’de çizgi dâhil tüm şekillere ait incelik oranı

gösterilmektedir. Çizgi şekillerinin incelik oranı diğer şekillere göre çok yüksek olduğu için Şekil 4.18’de görülememektedir. Bu nedenle diğer şekillere ait incelik oranı Şekil 4.19’da tekrar gösterilmiştir.



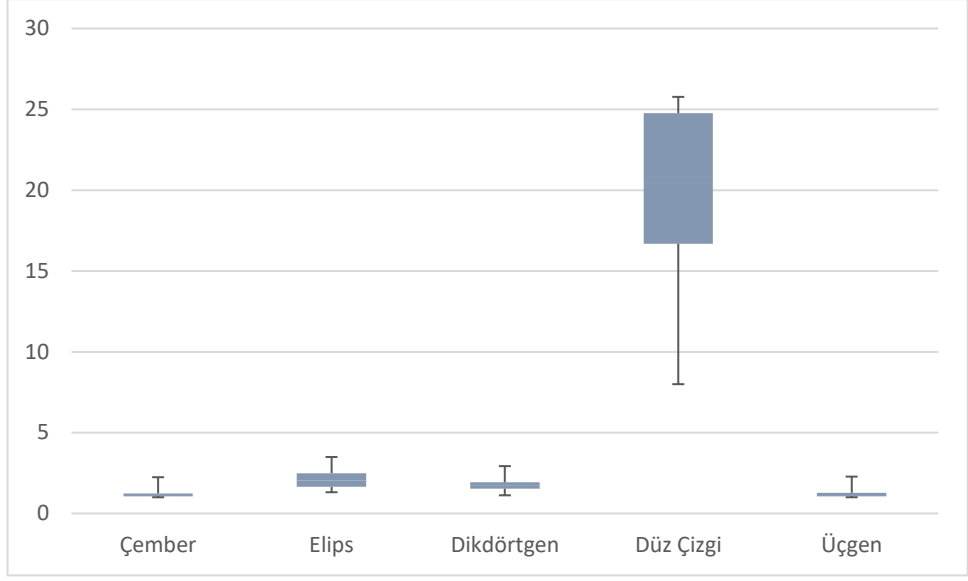
Şekil 4.18. İncelik oranının veri seti üzerindeki dağılımı



Şekil 4.19. İncelik oranının çizgi şekilleri hariç veri seti üzerindeki dağılımı

Çizginin diğer şekillerden ayrılmasında kullanılan bir diğer oran ise $\frac{Her}{Wer}$ oranıdır.

Bu oran çizgi için diğer tüm şekillerden daha yüksek değerler almaktadır [11]. $\frac{Her}{Wer}$ oranının veri seti üzerindeki dağılımı Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Her/Wer oranının veri seti üzerindeki dağılımı

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Tezin bu bölümünde, ön işleme ve özellik çıkarımı adımlarının ardından elde edilen verilerin sınıflandırılması ve çizim yaklaşıklığının belirlenmesi ile ilgili adımlar anlatılacaktır. Tez çalışmasında uygulanan aşamalar 7 adımda ifade edilebilmektedir. Bunlar:

1. Çizim verisinin kullanıcıdan alınması,
2. Ham veri üzerinde ön işleme adımlarının uygulanması,
3. Özellik Çıkarımı ve özellik vektörünün oluşturulması,
4. Sınıflandırma,
5. Sınıflandırma sonucuna göre şablon oluşturulması,
6. Çizim yaklaşıklığının belirlenmesi,
7. Sonuç üretimidir.

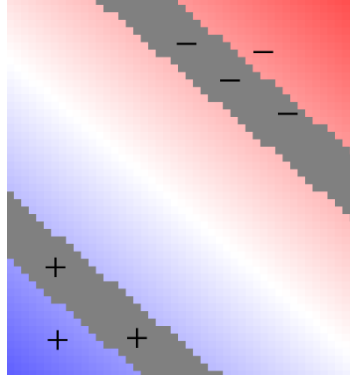
Yukarıdaki işlem adımlarından ilk üçü önceki bölümlerde anlatılmıştır. 4, 5 ve 6. adımlar bu bölümde anlatılacaktır.

5.1. Sınıflandırma

Bu tez çalışmasında çizimlerin sınıflandırılması için, el çizimi şekil tanıma alanında etkinliği bilinen Destek Vektör Makinesi kullanılmıştır [15]. Destek vektör makinesinin kodu yazılmayıp, eğitim ve test aşamalarında LibSVM kütüphanesi kullanılmıştır [51].

Destek vektör makinesi, Vapnik ve arkadaşlarının 60'lı yıllarda yapmış olduğu bir çalışma olan istatistiksel öğrenme teorisinden geliştirilmiş denetimli bir makine öğrenmesi tekniğidir [15]. Boyut sayısının örnek sayısından yüksek olduğu durumlarda iyi bir genelleme yeteneğine sahip olan destek vektör makinesi, hem doğrusal hem de doğrusal olmayan problemler üzerinde başarı ile çalışabilmektedir [52]. Temel çalışma mantığı, eğitim veri setindeki sınıflara ait destek vektörlerini belirleyerek bu vektörleri birbirinden ayıracak optimum ayırma hiper düzleminin belirlenmesidir. Destek vektörleri ve optimum ayırma hiper düzlemi kullanılarak probleme ait model oluşturulduktan sonra, test verileri bu modele göre sınıflandırılmaktadır. Orijinal destek vektör makinesi, iki sınıflı sınıflandırma

problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir. Ancak çok sınıflı problemlere de çözüm üretebilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir [17, 53]. İki sınıflı, doğrusal ayrılabilen bir destek vektör makinesi örneği Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. İki sınıflı doğrusal ayrılabilen destek vektör makinesi

Yüksek boyutlu veri uzaylarında iyi çalışması, karar aşamalarında eğitim setinin bir alt kümesini kullanması, farklı çekirdek fonksiyonlarına destek vermesi destek vektör makinelerinin avantajları arasındayken; olasılık tahminlerini doğrudan vermemesi dezavantajı olarak sayılabilir. Ancak bu dezavantaj orijinal yapıya özgü olup, literatürde yer alan çeşitli çalışmalarda bu konuyla ilgili çeşitli çözümler üretilmiştir [54].

5.1.1. Doğru Parametre Değerlerinin Seçilmesi

Destek vektör makinesinde, sınıflandırma başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biri parametre seçimidir. Parametre seçimi için literatürde çeşitli yöntemler olmasına karşın adı en çok geçen yöntem ızgara taramasıdır. Izgara taramasında, parametreler belirli oranlarda arttırılarak elde edilen sonuçlar arasında performans kıyaslamaları yapılmaktadır [55].

Destek vektör makinesinde c (ceza parametresi) ve γ parametreleri bulunmaktadır. Ancak bu parametrelerin seçimi için çok geniş bir alanın taranması gerekmektedir. Bu amaca uygun olarak Yesilbek ve arkadaşları tarafından 2015 yılında destek vektör makineleri ile çizim tanımada hangi parametre aralığının denenmesi gerektiği konulu bir çalışma yapılmıştır [56].

Çalışmada 5 farklı veri seti DVM ile sınıflandırılarak c parametresi için denenmesi gereken parametre aralığını 2^{-2} ile 2^{20} , gamma parametresi için ise $2^{-7.5}$ ile 2^{-3} olarak belirlemişlerdir.

Bu tez çalışmasında kullanılan veri seti ile radyal tabanlı çekirdek fonksiyonu için doğru parametre aralığını belirlemek amacıyla, ızgara tarama yöntemi kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. DTREG uygulaması ile yapılan tarama sonucunda elde edilen parametre değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir [57].

Çizelge 5.1. Destek vektör makinesi parametre değerleri

Epsilon	0.001
C	7.40700398
Gamma	0.02209708

5.2. Şekil Modellerinin Oluşturulması

Tez çalışmasının bu kısmında sınıflandırma aşamasında elde edilen sonuca göre, yapılan çizimin nasıl düzgünleştirildiği açıklanacaktır. Oluşturulan düzgünleştirilmiş çizime model denirse, her bir şekil sınıfına ait modelin nasıl oluşturulduğu aşağıda anlatılmıştır.

Düz çizgi modeli

Düz çizgiye ait model oluşturulurken, kullanıcı çizimine ait başlangıç ve bitiş noktaları referans alınmaktadır [34]. Kullanıcı çizimine ait başlangıç ve bitiş noktalarını birleştiren doğru parçası, düz çizgiye ait model olarak kullanılmaktadır. Kullanıcı çizimiyle en iyi eşleşen doğru parçası da model olarak kabul edilmektedir. Ancak serbest çizimde başlangıç ve bitiş noktaları daha önemli görülmektedir [34].

Üçgen modeli

Üçgen şekillere ait model olarak, şekle ait dışbükey çokgenin içine sığan en büyük alanlı üçgen kullanılmaktadır. Üçgene ait model özellik çıkarımı aşamasında oluşturulduğu için bu aşamada tekrar oluşturulmamaktadır. Dışbükey çokgenin içine sığan en büyük alanlı üçgen Bölüm 4.1.4’te detaylı olarak anlatılmaktadır.

Dikdörtgen Modeli

Dikdörtgen şekillere ait model oluşturulurken, şekli çevreleyen en küçük alanlı dikdörtgen kullanılmaktadır. Şekli çevreleyen en küçük alanlı dikdörtgen, özellik çıkarımı aşamasında oluşturulduğu için bu kısımda tekrar hesaplanmamaktadır. En küçük alanlı sınırlayıcı dikdörtgenin hesaplanması Bölüm 4.1.3'te detaylı olarak anlatılmaktadır.

Çember Modeli

Çember şekillere ait model oluşturulurken ilk olarak ideal merkez ve ideal yarıçap hesaplanmaktadır [34]. İdeal merkez, şekle ait çevre noktalarının piksel koordinatlarının ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. İdeal yarıçap ise ideal merkez ile çevre noktaları arasındaki uzaklıkların ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. İdeal merkez ve ideal yarıçap oluşturulduktan sonra bu değerler kullanılarak çember modeli oluşturulabilmektedir.

Elips Modeli

Elips şekillere ait model oluşturulurken, ilk olarak ideal merkez, ideal büyük eksen ve ideal küçük eksen hesaplanmaktadır [34]. İdeal merkezin hesaplanması çember modellerde olduğu gibi koordinatların ortalaması alınarak yapılmaktadır. Büyük eksen, merkez noktadan geçecek şekilde şekle ait sınırlayıcı dikdörtgenin büyük eksenini ile elde edilebilmektedir. Küçük eksen ise yine merkez noktadan geçecek şekilde büyük eksene dik olan doğru parçası olarak seçilmektedir. Değerler elde edildikten sonra bu değerler ile elips modeli oluşturulabilmektedir.

5.3. Çizim Yaklaşıklığının Belirlenmesi

Sınıflandırma ve model oluşturma aşamalarının ardından, oluşturulan şekil modeli ile kullanıcı çizimi arasındaki benzerlik (veya benzeşmezlik) ölçülerek, çizim yaklaşıklığı belirlenmektedir. Tez çalışması kapsamında çizim yaklaşıklığının belirlenmesi için, şablon eşleştirme tabanlı çalışmalarda sıklıkla kullanılan Tanimoto benzerlik katsayı (Tanimoto similarity coefficient), Hausdorff uzaklığı (Hausdorff distance) ve değiştirilmiş Hausdorff uzaklığı (modified Hausdorff distance) algoritmaları

denenmiştir [25, 27, 28]. Bu bölümde, algoritmalar sırasıyla detaylandırılarak birbirlerine göre farklılıkları anlatılacaktır.

5.3.1. Hausdorff uzaklığı

$A = \{a_1, \dots, a_n\}$ ve $B = \{b_1, \dots, b_m\}$ iki sonlu nokta kümesi olmak üzere, Hausdorff uzaklığı aşağıdaki şekilde tanımlanır [27].

$$H(A, B) = \max(h(A, B), h(B, A)) \quad (5.1)$$

Denklemden yer alan $h(A, B)$ ise aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$h(A, B) = \max(\min \|a - b\|) \quad (5.2)$$

Burada $\|a - b\|$, A ve B noktaları arasındaki temel normları ifade eder (Örneğin Öklid veya L_2). $h(A, B)$ fonksiyonu, A'dan B'ye yönlendirilmiş Hausdorff mesafesi olarak tanımlanmıştır. Uygulamada $h(A, B)$, A'nın her bir noktasını B'deki en yakın komşusuna olan uzaklığına göre derecelendirir. Daha sonra en yüksek dereceye sahip noktayı uzaklık olarak seçer. $h(A, B) = d$ şeklinde ifade edersek d, A'dan B'ye yönlü olarak en uyuşmayan noktanın uzaklığını ifade eder. $H(A, B)$ ise A'dan B'ye ve B'den A'ya yönlü uzaklıkların maksimumunu ifade eder [27].

Hausdorff uzaklığının uygulamadaki temel problemi, gürültülere çok duyarlı olmasıdır [27]. Bu nedenle Dubuisson ve arkadaşları değiştirilmiş Hausdorff uzaklığını önermişlerdir [28].

5.3.2. Değiştirilmiş Hausdorff uzaklığı

Değiştirilmiş Hausdorff uzaklığında, $h(A, B)$ fonksiyonundaki maks operatörü yerine ortalama ifadesi getirilmiştir [28]. Eşitlik 5.2 yeniden yazılırsa,

$$h_{ort}(A, B) = \frac{1}{N_a} \sum_{a \in A} \min \|a - b\| \quad (5.3)$$

5.3 eşitliği elde edilir.

Burada N_a , A kümesindeki eleman sayısını ifade etmektedir. Böylece değiştirilmiş Hausdorff uzaklığı, yönlendirilmiş ortalama uzaklıkların ortalaması olarak ifade edilebilmektedir [28]. Dubissson ve Jain nesne eşleştirme için ortalama yönlendirilmiş uzaklığın, kısmi yönlendirilmiş uzaklıktan daha güvenilir olduğunu savunmaktadır [28].

5.3.3. Tanimoto katsayısı

A ve B ikili görüntüler olmak üzere, tanimoto katsayısı A ve B arasındaki benzerlik oranını ifade etmektedir [25]. Temel olarak tanimoto katsayısı, iki görüntü arasındaki eşleşen piksel sayısını hesaplamak üzere Eşitlik 5.4'teki gibi ifade edilmektedir.

$$T(A, B) = \frac{n_{ab}}{n_a + n_b - n_{ab}} \quad (5.4)$$

Burada n_a , A'daki toplam siyah piksel sayısını ve n_b ise B'deki siyah piksel sayısını ifade etmektedir. n_{ab} ise A ve B'deki eşleşen siyah piksel sayısını ifade etmektedir. Buradaki problem ikili görüntülerde piksellerin eşleştirilmesinin zor bir işlem olmasıdır. Her ne kadar aynı boyut ve yönde olsalar dahi ufak bir farklılık piksellerdeki eşleşmeyi bozacağı için çok düşük değerler üretecektir. Bu nedenle Kara ve arkadaşları eşleşme koşulunu, iki pikselin birbirine görüntünün diagonal uzunluğunun 1/15'i kadar yaklaşması olarak belirlemişlerdir [24]. Bu durumda 48x48'lik bir görüntü için iki pikselin 4.5 pikselden daha yakın olması eşleşme durumu olarak sayılmaktadır. Tanimoto katsayısı iyi bir benzerlik ölçütü olsa da, eşleşme veya eşleşmeme durumuna bağlı olarak çok keskin bir ayırım yapmaktadır.

5.3.4. Yaklaşıklık hesaplanması

Algoritmalar üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, bir uzaklık ölçütünün bu tez çalışmasında ele alınan problem için daha uygun olacağına karar verilmiştir. Hausdorff uzaklığının gürültüye aşırı duyarlı olması ve değiştirilmiş Hausdorff uzaklığının yöntemdeki ortalama hesabına bağlı olarak yerel hataları aşırı indirilmesi nedeniyle, iki yöntemin bir arada kullanılmasına karar verilmiştir. Yöntemlerinin ikisinin de mesafeye dayalı benzeşmezlik ölçütü olması, ilk olarak onların benzerlik ölçütlerine dönüştürülmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için Eşitlik 5.5'teki ifade kullanılmaktadır.

$$H_c = 1 - \frac{H_d}{64} \quad (5.5)$$

Bu eşitlik, kıyaslanan şekillerin tamamen örtüşmesi durumunda, Hausdorff mesafe değerleri sıfır olacağından "1" değerini üretmektedir. Bir değeri eşitliğin alabileceği maksimum değerdir. Eşitlikte yer alan 64 değeri Bölüm 3.2'de yer alan yeniden ölçekleme değerinin yarısını ifade etmektedir. Eğer iki şekil birbirinden ölçekleme

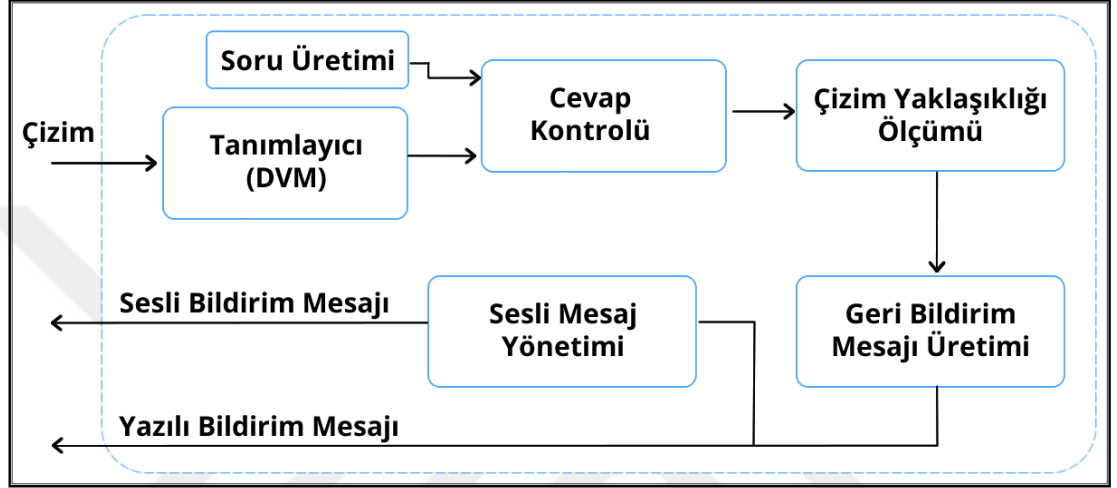
penceresinin yarısı kadar uzaktaysa, şekiller birbirinden tamamen farklı olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle eşitlik sonucunda negatif bir değer üretiliyorsa iki şekil birbiriyle alakasız olarak kabul edilmektedir [29].

Hausdorff ve değiştirilmiş Hausdorff mesafeleri eşitliğe göre dönüştürüldükten sonra, iki değer in ortalaması alınarak sonuç değeri oluşturulmaktadır. Eşitlikler sonucunda elde edilen değerler 0.65'in üzerinde ise iki şekil birbiriyle benzer kabul edilerek ve değerlendirmeye alınmaktadır [29]. Bu değerin daha yüksek veya daha düşük seçimi uygulama ihtiyaçlarına göre değişebilmektedir.



6. UYGULAMA GELİŞTİRME

Bu bölümde uygulamaya ait yapısal parçalardan bahsedilecektir. Uygulamanın çocuklara sunduğu imkânlardan bahsedilerek, geri bildirim mekanizmalarının işleyişi anlatılacaktır. Şekil 6.1’de uygulamaya ait genel yapı görülmektedir.



Şekil 6.1. Uygulama yapısı

6.1. Platform

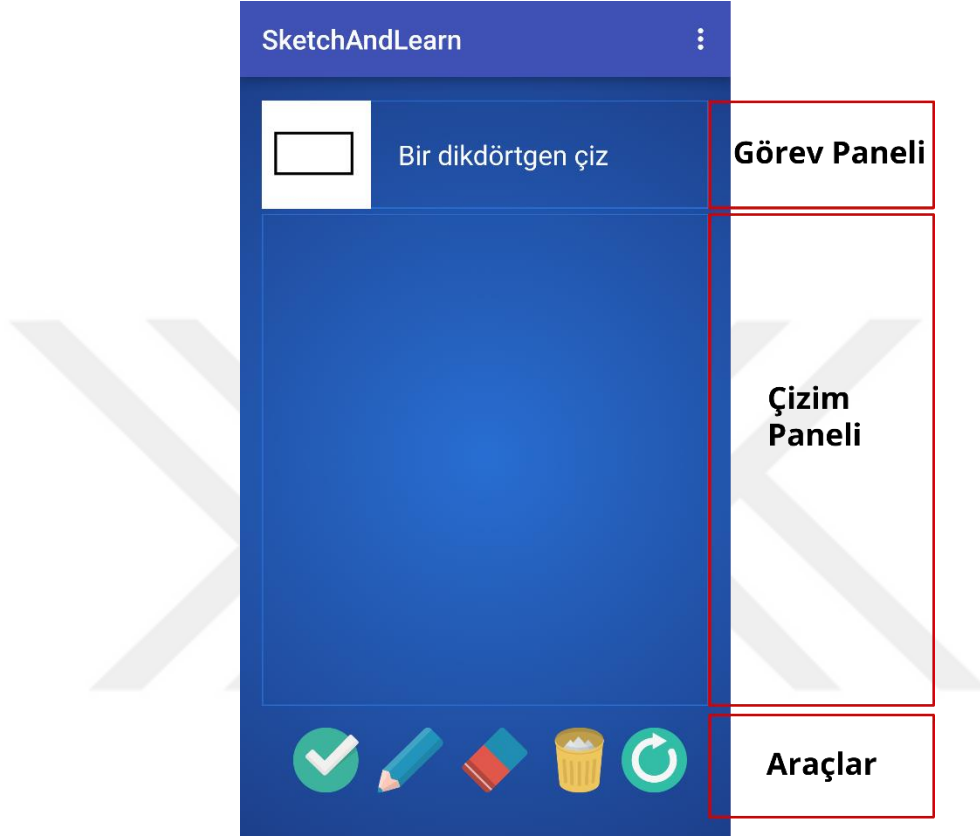
Uygulamanın geliştirilmesi için günümüzde oldukça yaygın bir şekilde kullanılan Android işletim sistemi tercih edilmiştir. Geniş bir dokümantasyona sahip olması ve daha geniş bir kullanıcı kitlesine hitap ediyor olması Android işletim sistemini, uygulama geliştirme için uygun bir platform haline getirmektedir. Uygulama geliştirme ve test aşamaları Android 6.0.1 sürümü üzerinde gerçekleştirilmiştir.

6.2. Arayüz

Bu tez çalışmasında geliştirilen uygulama ile çocukların geometrik şekiller üzerindeki el çizimi becerilerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Uygulamanın hedef kitlesinin çocuklar olması nedeniyle uygulamanın:

- sade,
- kolay anlaşılır,
- çocukların ilgisini çekebilecek

şekilde tasarlanması gerekmektedir. Çocuklar için uygulamayı sade bir hale getirmek amacıyla uygulama içerisinde yalnızca birkaç buton ve az miktarda yazı kullanılmıştır. Çocukların ilgisini daha uzun süre uygulama üzerinde tutabilmek için ise resimli ve sesli geri bildirimler ve renkli bir arayüz tercih edilmiştir. Uygulama arayüzü Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Uygulama arayüzü

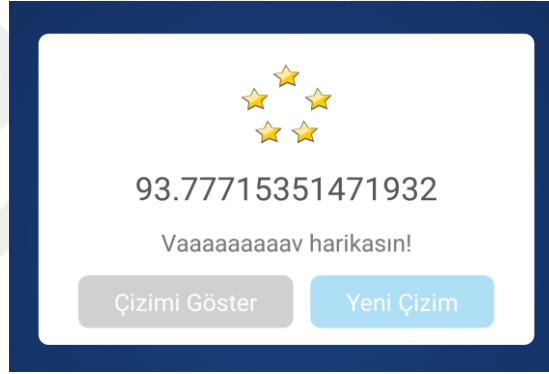
Uygulama arayüzü dört temel bölümden oluşmaktadır. Bunlar:

- görev paneli
- çizim paneli
- bildirim paneli
- araçlar

Görev paneli, çizilecek şekle ait görseli ve soru cümlesini içermektedir. Ekranın en üst bölümünde yer alan bu panelde, şekle ait sabit bir görsel ve şekle ait soru cümlesi gösterilerek o anki görev ifade edilmektedir. Ayrıca etkileşimi daha efektif bir hale getirmek amacı ile soru cümlesi sesli olarak da iletilmektedir.

Çizim paneli, kullanıcıların çizimlerini özgürce yapabilmeleri amacıyla ekranın orta bölümünde sunulan alandır. Bu alanda yaptıkları her işlem uygulama arka planında izlenmektedir. Kullanıcının şekli ne kadar sürede çizdiği, kaç hamlede çizdiği gibi bilgiler arka planda kaydedilmektedir.

Bildirim paneli, çizim işleminin tamamlanmasının ardından o anki duruma ait mesajın gösterildiği paneldir. Mobil cihazlar üzerinde sunulan ekran boyutunun kısıtlı olması nedeniyle geri bildirimler, çizimin tamamlanmasının ardından açılır ekran ile gösterilmektedir. Bildirim paneli üzerinde hem görsel hem de yazılı olarak bildirim mesajları gösterilmektedir. Bildirim panelinde gösterilen mesajlar, çizim üzerinde yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen değerlere göre değişiklik göstermektedir. Bildirim paneli Şekil 6.3'te gösterilmektedir. Bildirimler ile ilgili detaylı bilgi Bölüm 6.3'te anlatılacaktır.

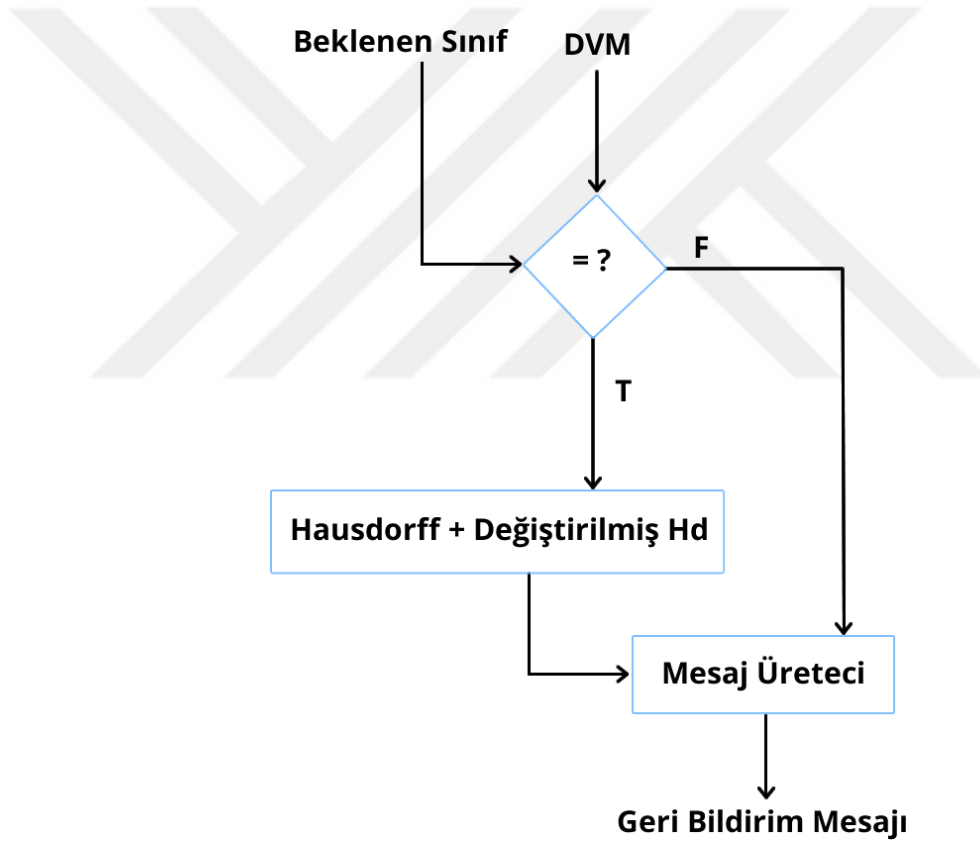


Şekil 6.3. Bildirim paneli

Araçlar paneli, ekranın alt bölümünde yer alan, kalem, silgi, temizle gibi çizim araçları ve soru değiştir, onayla gibi işlemlerin yer aldığı paneldir. Kullanıcı, kalem ve silgi ile çizimlerini düzenleyebildiği gibi temizle butonu ile ekranı tamamen temizleyebilmektedir. Soru değiştir butonu ile istenilen soru pas geçilebilmekte ve onayla butonu ile yapılan çizime ait değerlendirme işlemleri başlatılabilmektedir. Çocuklar için daha ilgi çekici ve daha yalın bir alan sunulması amacıyla araçlar bölümünde yer alan butonlarda, butonun görevlerini ifade eden renkli görseller tercih edilmiştir.

6.3. Geri Bildirim Mekanizması

Uygulama üzerinde yer alan en önemli parçalardan biri kuşkusuz geri bildirim mekanizmasıdır. Geri bildirimlerin çocuklar için teşvik edici ve cazip olması uygulamaya olan ilgilerinin daha uzun sürmesini sağlamaktadır. Uygulama içerisinde iki adet geri bildirim mekanizması bulunmaktadır. Geri bildirim yapılarından ilki uygulama üzerinde yapılan her bir çizim için, çizim tamamlandıktan hemen sonra bildirim üreten yapıdır. Bu yapıda kullanıcı kendine gösterilen soruya ait şekli çizdikten sonra o anki çizim yaklaşıklığına dair geri bildirim yapılmaktadır. Bu yapıya anlık geri bildirim dersek, Şekil 6.4'te anlık geri bildirim yapısı gösterilmektedir.



Şekil 6.4. Anlık geri bildirim yapısı

Anlık geri bildirim yapısında mesaj içerikleri DVM sonucuna ve Hausdorff uzaklıkları sonuçlarına göre oluşturulmaktadır. Çizim sonrası DVM tarafından üretilen sonuç, soruda istenen sınıf ile aynı değilse “Bu bir **\$bulunanŞekil**. Ancak ben senden bir **\$beklenenŞekil** çizmeni istemiştim. Tekrar deneyebilir misin?” şeklinde mesaj verilmektedir. Eğer DVM’nin ürettiği sonuç soruda verilen sınıf ile aynıysa bu

durumda, Hausdorff uzaklıklarından gelen sonuçlara bakılmaktadır. Bölüm 5.3.4'te ifade edildiği gibi bir çizimin benzer olarak değerlendirmeye alınması için, Hausdorff uzaklıklarından elde edilen değer in sıfırdan büyük olması gerekmektedir. Hesaplamalar sonucunda üretilen değerlere göre kullanıcılara verilen geri bildirim mesajları Çizelge 6.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1. Anlık geri bildirim yapısı

$0.90 \leq H_c$	Vaav! Harikasın.
$0.80 \leq H_c < 0.90$	Çok iyi!
$0.70 \leq H_c < 0.80$	Güzel bir \$beklenenŞekil .
$0.65 \leq H_c < 0.70$	Evet bu bir \$beklenenŞekil . Ama ben senin \$beklenenŞekil 'i daha iyi çizebileceğine inanıyorum.
$0 < H_c < 0.65$	Çizimin \$beklenenŞekil 'e benziyor gibi ama \$beklenenŞekil olarak kabul edemiyorum. Tekrar deneyebilir misin?
$H_c \leq 0$	Bu pek \$beklenenŞekil 'e benzemiyor. Tekrar deneyebilir misin?

Uygulama içerisinde yer alan ikinci geri bildirim yapısı ise, çocukların bir oturumda yaptıkları çizimlerin geneli için yapılan geri bildirimdir. Bu kısımda çocukların oturum süresince yaptıkları çizim denemeleri ve doğru yanlış oranları gösterilmektedir. Ders sonunda elde edilen skora göre derse ait genel puan ile birlikte, bu puana denk gelen madalya ödülleri çocuklara gösterilmektedir. Çizelge 6.2'de final skora göre derecelendirmeler gösterilmektedir.

Çizelge 6.2. Final skor tablosu

final-skor ≤ 20	1 Madalya
$20 < \text{final-skor} \leq 40$	2 Madalya
$40 < \text{final-skor} \leq 60$	3 Madalya
$60 < \text{final-skor} \leq 80$	4 Madalya
$80 < \text{final-skor} \leq 100$	5 Madalya

7. DENEYSEL SONUÇLAR

Uygulamanın geliştirilmesinde hedef kitle olarak 6-8 yaş grubu çocuklar seçilmiştir. Yaş grubunun belirlenmesi aşamalarında pedagoğlardan ve Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) Talim Terbiye kurulunun hazırlamış olduğu eğitim öğretim programlarından faydalanılmıştır. Talim terbiye kurulunun okul öncesi eğitim öğretim için hazırlamış olduğu programda, bu yaş grubundaki çocuklar için geometrik şekillerin çizimi üzerine herhangi bir kazanım bulunmamaktadır. Bu yaş grubundaki çocuklardan beklenen bir geometrik şekli gördüklerinde şeklin ismini doğru bir şekilde söyleyebilmeleridir [58]. İlköğretim (1-5. sınıflar) öğrencileri için hazırlanan eğitim öğretim programında ise “Geometrik cisim ve şekilleri oluşturur ve çizer.” ifadesi yer almaktadır [59]. Bu nedenle hedef kitle ilköğretim düzeyindeki öğrenciler olarak belirlenmiştir. Ancak kullandığımız veri setinin temel geometrik şekiller olması nedeniyle hedef kitle 6-8 yaş grubu olarak sınırlandırılmıştır.

Veri setinin toplanmasında 6 yaşında 3 kişi, 7 yaşında 5 kişi ve 8 yaşında 1 kişi olmak üzere toplam 9 çocuk ve 5 adette yetişkin gönüllü ile çalışılmıştır. Verilerin toplanması için 2016/148 nolu etik kurul onayı alınmıştır (bkz. Ek 3). Gönüllülerden hiç birinin eğitim amaçlı çizim tanıma uygulaması ile tecrübesi bulunmamaktadır. Verilerin toplanması amacıyla, ana uygulama ile eşdeğer özelliklere sahip bir veri toplama uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama üzerinde çocuk katılımcılardan her bir şekli 12 defa çizmeleri istenerek toplam 540 çizimden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. Yetişkin katılımcılardan ise her bir şekli 10 defa çizmeleri istenilerek toplam 250 çizimden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. Böylelikle toplamda 790 veriden oluşan karma bir veri seti oluşturulmuştur. Veri setindeki tüm şekiller mobil cihaz üzerinde kalem ile çizilmiştir. Çocuklardan toplanan verilere ait örnekler EK 2’de gösterilmiştir.

Uygulamanın sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için, sınıflandırma mekanizmasının yüksek sınıflandırma oranlarına ulaşması gerekmektedir. Çünkü uygulama üzerinde çocukların çizimlerinin yanlış sınıflandırılması çocuklar açısından büyük bir karmaşaya neden olacaktır. Oluşturulan yapıda sınıflandırma mekanizmasını oluşturan ana faktör DVM’dir. Çünkü DVM ile elde edilen sonuca

göre çizimin değerlendirilip değerlendirilmeyeceğine karar verilmektedir. DVM'nin tüm veri seti üzerinde elde ettiği sınıflandırma başarımı Çizelge 7.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.1. Tüm veri seti üzerindeki sınıflandırma başarımı

		Tanımlanan Sınıf				
		Çember	Elips	Dikdörtgen	Çizgi	Üçgen
Beklenen Sınıf	Çember	153	5	0	0	0
	Elips	7	151	0	0	0
	Dikdörtgen	0	0	157	0	1
	Çizgi	0	0	0	158	0
	Üçgen	0	0	0	1	157

DVM'nin çocuklardan toplanan veriler üzerinde oluşturduğu sınıflandırma başarımı Çizelge 7.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.2. Çocuklardan alınan verilerde sınıflandırma başarımı

		Tanımlanan Sınıf				
		Çember	Elips	Dikdörtgen	Çizgi	Üçgen
Beklenen Sınıf	Çember	102	6	0	0	0
	Elips	6	102	0	0	0
	Dikdörtgen	0	0	108	0	0
	Çizgi	0	0	0	108	0
	Üçgen	0	0	0	1	107

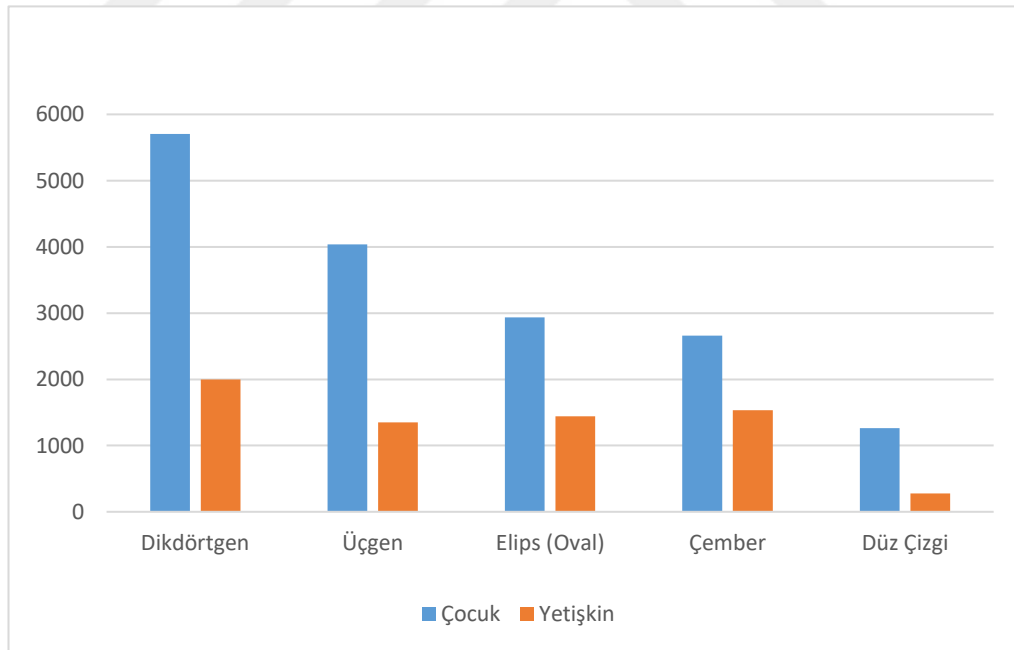
Çizelge 7.2 ve 7.3 incelendiğinde özellikle çocuklardan alınan verilerde çember ve elips şekilleri hatanın diğer şekillere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni çocukların bu şekillerin çiziminde diğer şekillere göre daha çok zorlanmaları ve iki şekil arasındaki ayrımı yeterli seviyede yapamamalarıdır. DVM'nin yetişkinlerden toplanan veriler üzerinde oluşturduğu sınıflandırma sonuçları Çizelge 7.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 7.3. Yetişkinlerden alınan verilerde sınıflandırma başarımı

		Tanımlanan Sınıf				
		Çember	Elips	Dikdörtgen	Çizgi	Üçgen
Beklenen Sınıf	Çember	50	0	0	0	0
	Elips	1	49	0	0	0
	Dikdörtgen	0	0	49	0	1
	Çizgi	0	0	0	50	0
	Üçgen	0	0	0	0	50

DVM'den elde edilen sonuçlara göre çocuklar için sınıflandırma başarısı 97.5%, yetişkinler için sınıflandırma başarısı 99.2%, toplam sınıflandırma başarısı ise 98.22%'dir.

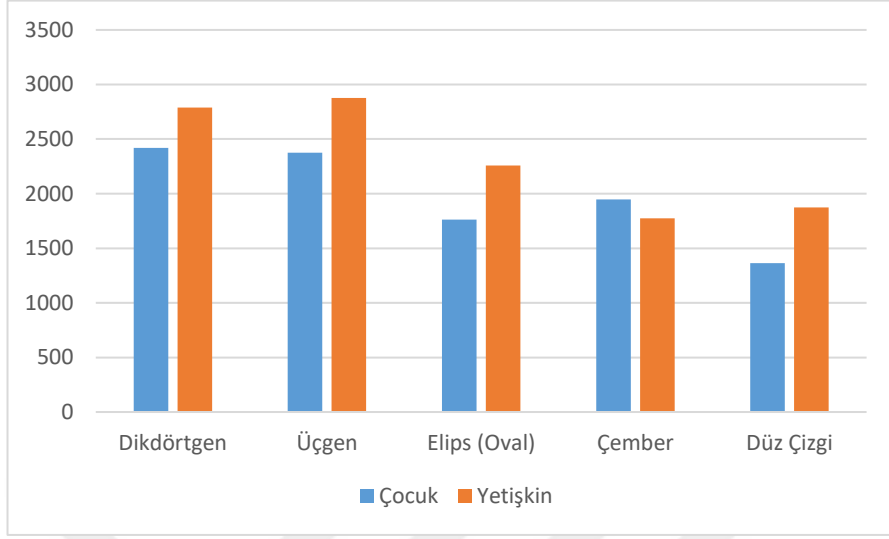
Çizimlerden elde edilen veriler incelendiğinde çocukların şekilleri yetişkinlere göre daha yavaş ve daha küçük çizdikleri görülmektedir. Şekillere göre ortalama çizim sürelerini gösteren grafik Şekil 7.1'de verilmiştir.



Şekil 7.1. Şekillere göre çizim süreleri

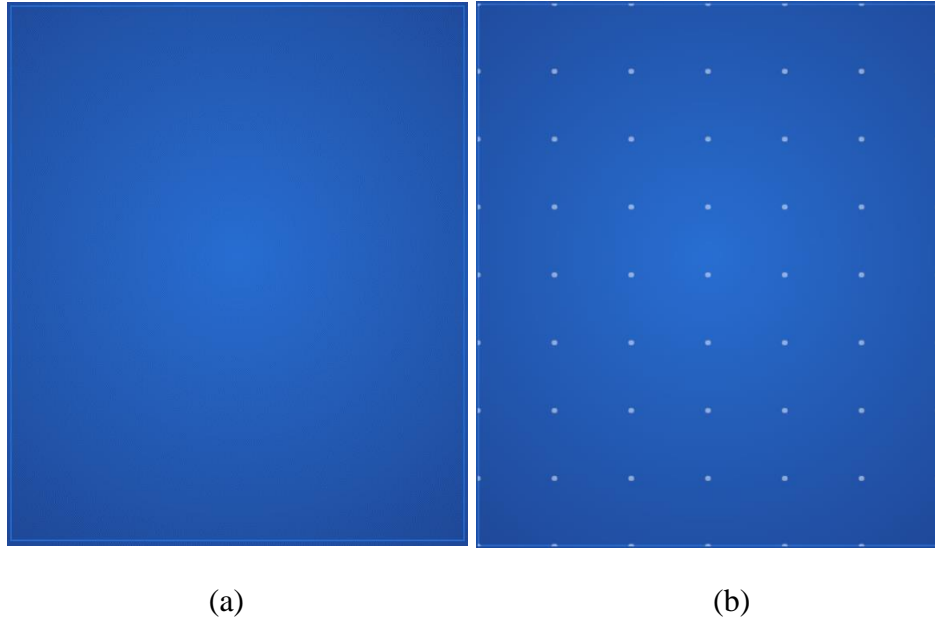
Çocuk gönüllülerin hepsinin en hızlı çizdiği şekiller çizgi ve çemberken en yavaş çizdikleri şekil dikdörtgendir. Şekillere ait çizim uzunlukları ise kişiler arasında

değişkenlik göstermektedir. Şekillere ait ortalama çizim uzunlukları Şekil 7.2'de gösterilmektedir.

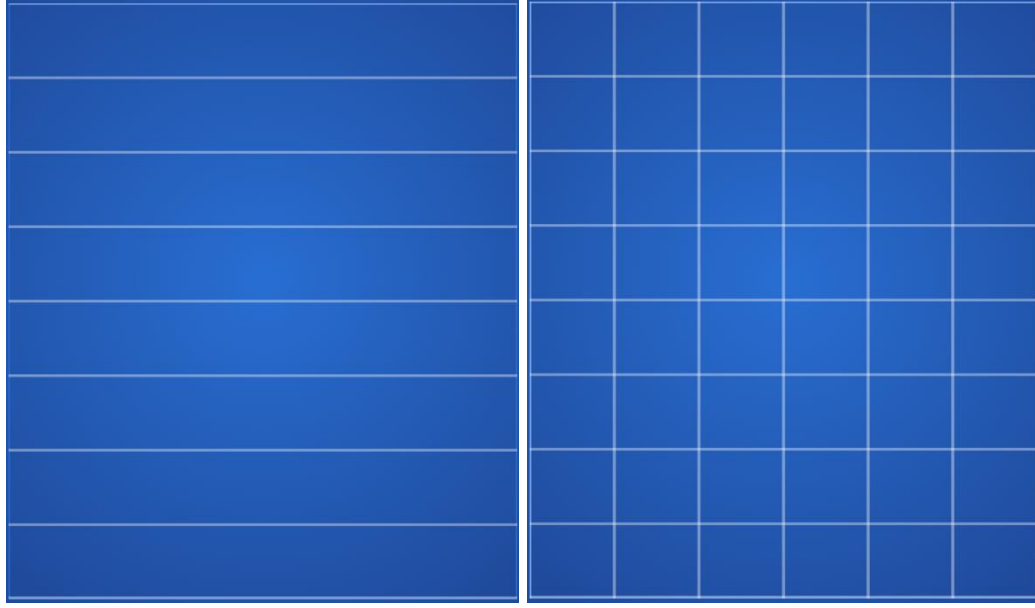


Şekil 7.2. Şekillere göre çizim uzunlukları

Çizim verileri toplanırken, çocukların çizim alışkanlıklarını gözlemlemek amacı ile çizim panelinin arka planına farklı yardımcı noktalar çizilmiştir. Dört farklı arka plan ile yapılan gözlemlerde kareli arka plan, yatay çizgili arka plan, yardımcı noktalar ve boş arka plan kullanılmıştır. Kullanılan arka planlara ait görseller Şekil 7.3 ve 7.4'te verilmiştir.



Şekil 7.3. Çizim arka planları (a) Boş arka plan (b) Referans noktalı arka plan



(a)

(b)

Şekil 7.4. Çizim arka planları (a) Yatay çizgili arka plan (b) Kareli arka plan

Çocuklardan alınan çizimlerde boş arka plan üzerinde her şekilden altı adet, diğer arka planlar üzerinde ise her çizimden ikişer adet çizim örneği alınmıştır. Referans noktalarının varlığı çocuklara çizim aşamalarında kolaylık sağlasa da, klasik kâğıt kalem ile yapılan çizimler kadar düzgün olmamaktadır. Bunun nedeni, mobil cihazların sahip oldukları ekranların klasik kâğıt kalem ortamına göre daha kaygan bir yüzeye sahip olmasıdır. Bu nedenle çocuklar referans noktalarını takip etmeye çalışırken ufak dalgalanmalar oluşmaktadır.

Çizim işlemleri esnasında yapılan gözlemler ve çocuklardan alınan geri bildirimler ile deneysel sonuçlar aşağıdaki gibi listelenebilir.

- Örnekteki tüm çocukların çizmekte en çok zorlandığı şekil elipstir. Çocuklara ait örnek elips çizimleri Şekil 7.5'te gösterilmiştir.
- Örnekteki tüm çocukların çizim için tercih ettiği arka plan yatay çizgili ve kareli arka plandır.
- Görsel geri bildirimlerde verilen yıldızlar çocukları motive etmektedir. Çizim süreçleri ilerledikçe daha yüksek sayıda yıldız alabilmek onları heveslendirmektedir. Yüksek sayıda yıldız aldıkça daha gururlu bir hal aldıkları ve “Anne bak beş yıldız aldım.” gibi ifadelerle aileleriyle paylaştıkları gözlemlenmiştir.

- Çocukların ve yetişkinlerin çizim karakteristikleri (hız, büyüklük gibi) veri setindeki tüm şekiller için birbirinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle çocukların çizim aşamalarını yetişkinler ile kıyaslayabilecek bir sınıflandırıcı geliştirilebileceği düşünülmektedir.
- Yazılı ve sesli bildirimler, görsel bildirimlerle birbirlerini desteklemekte. Ancak uzun süren çizim süreçlerinde özellikle yazılı ve sesli bildirimlerin sürekli aynı cümlelerle yapılması bazı çocuklara sıkıcı gelebilmektedir.
- Çizim aşamalarında kalemi ekrana koyma ve kaldırma esnasında ekranda kanca benzeri çizimler oluşabilmektedir. Buda çocuklar açısından sorun teşkil etmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak amacıyla ön işleme adımlarının sayısının artırılması gerekmektedir.
- Örneklemdaki tüm çocuklar yeni şekiller olarak harfleri istemektedir.
- Örneklemdaki tüm çocuklar mobil cihaz ile çizim yapmayı kalem kâğıt ile çizim yapmaktan daha eğlenceli bulmaktadır.



Şekil 7.5. Çocuklara ait elips çizimleri

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, çocukların temel geometrik şekiller üzerindeki çizim etkinliklerini destekleyici akılcı bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Çember, elips, düz çizgi, dikdörtgen ve üçgen şekillerinin değerlendirildiği uygulama ile çocukların çizim etkinliklerine görsel ve sesli geri bildirimler verilmesi sağlanmıştır. Çocukların aileleri ile gerçekleştirmeye alıştıkları çizim etkinlikleri mobil platforma taşınarak öğrenme aşamaları için daha ilgi çekici ve interaktif bir ortam sağlanmıştır.

Uygulama üzerinde, özellik çıkarımı aşamalarında temel geometrik özellikler ve sınıflandırma aşamalarında destek vektör makinesi kullanılarak çocukların çizim verilerinin sınıflandırılması sağlanmıştır. Sınıflandırma aşamalarındaki başarının yükseltilmesi amacıyla veri seti üzerinde ızgara taraması yöntemi ile doğru parametre değerlerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Sınıflandırma işlemlerinden elde edilen sonuca göre, çocukların yaptıkları çizimlere ait düzeltilmiş modeller oluşturularak çizim yaklaşıklıklarına dair geri bildirimler yapılmıştır.

Uygulama üzerinde kullanılmak amacıyla 9 çocuk (3 adet 6 yaş, 5 adet 7 yaş, 1 adet 8 yaş) ve 5 yetiştikinden toplam 790 çizim verisi toplanarak, veri seti üzerindeki sınıflandırma sonuçları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çocuklardan alınan çizim verilerindeki sınıflandırma başarımı 97.5%, yetiştiklerden elde edilen çizim verileri üzerindeki sınıflandırma başarımı 99.2% ve toplam veri seti üzerindeki sınıflandırma başarımı 98.22%'dir. Veri seti üzerinde çocukların ve yetiştiklerin çizimleri incelenerek çizim süreleri ve çizim uzunlukları değerlendirilmiştir.

Uygulamanın geliştirilebilir yanlarını ele alacak olursak, uygulama üzerinde uzun süreli çizim çalışmalarında sürekli aynı mesajları duymak çocuklara sıkıcı gelebiliyor. Bu yüzden çizim süreçlerini tümüyle ele alan daha kapsamlı bir geri bildirim yapısıyla daha yaratıcı geri bildirimler yapılabileceği düşünülmektedir.

Gelecek çalışmalarda mevcut temel şekillerin birleştirilmesi ile oluşturulabilecek daha kompleks şekillerin (örneğin bir üçgen ve bir dikdörtgen ile basit bir ev çizimi) çizdirilmesi üzerine çalışılması düşünülmektedir. Buna ek olarak veri setine harflerin eklenmesi de düşünülmektedir. Harfler üzerinde tanımlama işlemleri dışında, yazım yönlerinin doğruluğu üzerine kontrol mekanizmaları da

oluşturulacaktır. Ancak harflerin eklenmesi durumunda mevcut 6zellik çıkarım y6ntemi yetersiz kalacağı için sınıflandırma başarısı oldukça d6őecektir. Bu nedenle alternatif bir 6zellik çıkarım y6nteminin uygulanması gerekecektir.



KAYNAKLAR

- [1] Ishibashi, M., Saito, H., Komada, M., Shiota, K. (1963). "Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System". *Anatomical Science International*, 80(1), 30-6.
- [2] Guo, L. W., Xin, J. (2010). "A sketch recognition algorithm for Pen-Based Human-Computer interaction". *ICCASM 2010 - 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling, Proceedings* (Vol. 2).
- [3] Valentine, S., Vides, F., Lucchese, G., Turner, D. (2012). "Mechanix: A Sketch-Based Tutoring System for Statics Courses". *24th Annual Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence*, 2253-2260.
- [4] Ceron, F. A. V., (2012). "Tayouki: A Sketch-based tutoring system for young kids". *Texas A&M University, Department of Computer Science*.
- [5] <https://itunes.apple.com/us/app/dexteria-jr.-fine-motor-skill/id624918435?mt=8> (Erişim tarihi: Aralık 2016)
- [6] https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fisher_price.createlearn&hl=t (Erişim tarihi: Aralık 2016)
- [7] Revankar, S., Yegnanarayana, B. (1991). "Machine Recognition and correction of freehand geometric line Sketches". *Conference Proceedings IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Charlottesville, 87-91.
- [8] Apte, A., Vo, V., Kimura, T. D. (1993). "Recognizing multistroke geometric shapes". *Proceedings of the 6th annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST*, 121-128.
- [9] Jorge, J. A., Fonseca M. J. (1999). "A simple approach to recognize geometric shapes interactively". *Selected Papers from the Third International Workshop on Graphic Recognition, Recent Advances*, 266-276, Springer-Verlag.
- [10] Bezdek, J. C., Pal, S. K., (1992). "Fuzzy Models for Pattern Recognition". *IEEE Press, New York*.
- [11] Fonseca, M. J., Jorge, J. A. (2000). "Using fuzzy logic to recognize geometric shapes interactively". *Fuzzy Systems, 2000. FUZZ IEEE 2000. The Ninth IEEE International Conference on*, 1, 291-296
- [12] Fonseca, M. J., Jorge, J. A. (2001). "Experimental evaluation of an on-line scribble recognizer". *Pattern Recognition Letters*, 22(12), 1311-1319.
- [13] Arvo, J., Novins, K. (2000). "Fluid sketches: continuous recognition and morphing of simple hand-drawn shapes". *Proceedings of the 13th annual ACM symposium on*, 2, 73-80.
- [14] Wenyin, L., Qian, W., Xiao, R., Jin, X. (2001). "Smart sketchpad - An on-line graphics recognition system". *Proceedings of the International Conference on*

Document Analysis and Recognition, ICDAR, 1050-1054. IEEE Computer Society.

- [15] Vapnik, V. N. (1995). "The Nature of Statistical Learning Theory". *Springer*.
- [16] Yaeger, L., (1996). "Neural Networks Provide Robust Character Recognition for Newton PDAs". *IEEE Expert - Intelligent Systems and Their Applications*, 11(4), 10-11.
- [17] Mayoraz, E., Alpaydin, E. (1999). "Support Vector Machines for Multiclass Classification". In: *Proc. of the Int. Workshop on Artificial Neural Networks*, 1999.
- [18] Jin, X., Liu, W., Sun, J., Sun, Z. (2002). "On-line graphics recognition". *Proceedings - Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*, 256-264, IEEE Computer Society.
- [19] Hse, H., Newton, A. R. (2004). "Sketched symbol recognition using zernike moments", *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition*, 367-370.
- [20] Refaat, K. S., Helmy, W. N., Ali, A. R. H., AbdelGhany, M. S., Atiya, A. F. (2008). "A new approach for context-independent handwritten offline diagram recognition using support vector machines", *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 177-182.
- [21] Deng W., Wu L., Yu R., Lai J. (2013). "On-Line Sketch Recognition Using Direction Feature". In: Kotzé P., Marsden G., Lindgaard G., Wesson J., Winckler M. (eds) *Human-Computer Interaction – INTERACT 2013. INTERACT 2013. Lecture Notes in Computer Science*, 8119. Springer, Berlin, Heidelberg
- [22] Refaat, K. S., Atiya, A. F. (2009). "Hand-Drawn Shape Recognition Using the SVM ' ed Kernel". *Artificial Neural Networks – ICANN 2009*, 5769, 275-284.
- [23] <http://svmlight.joachims.org/> (Erişim tarihi: Aralık 2016)
- [24] Kara, L. B., Stahovich T. F. (2005). "An image-based, trainable symbol recognizer for hand-drawn sketches". *Computers and Graphics*, 29(4), 501-517, [doi>10.1016/j.cag.2005.05.004]
- [25] Fligner, M., Verducci, J., Bjraker, J., Blower, P. (2001). "A new association coefficient for molecular dissimilarity". In *The Second Joint Sheffield Conference on Chemoinformatics*.
- [26] Tubbs, J. D. (1989). "A note on binary template matching". *Pattern Recognition* 22(4), 359–365.
- [27] Huttenlocher, D. P., Klanderman, G. A., Rucklidge, W. J. (1993). "Comparing Images Using the Hausdorff Distance". *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 15(9), 850-863.
- [28] Dubuisson, M. P., Jain, a K. (1994). "A modified Hausdorff distance for object matching". *Proceedings of 12th International Conference on Pattern Recognition*, 1(1), 566-568.

- [29] Field, M., Hammond, T., Smith, A., Valentine, S. (2012). "A Shape Comparison Technique for Use in Sketch-based Tutoring Systems"
- [30] Ouyang T., Davis R. (2009). "A visual approach to sketched symbol recognition". *In Proc. International Joint Conferences on Artificial Intelligence (2009)*.
- [31] Zhenming, Y., Guichao, J. (2008). "Sketch recognition based intelligent whiteboard teaching system". *Proceedings - International Conference on Computer Science and Software Engineering, CSSE 2008, 5, 867-870*.
- [32] Song, X. J., Zhu, X. L. (2010). "A sketch recognition scheme for primary geometry education". *2010 International Conference on Biomedical Engineering and Computer Science, ICBECS 2010*.
- [33] Cheema, S., Gulwani, S., LaViola, J. (2012). "QuickDraw: Improving Drawing Experience for Geometric Diagrams". *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '12, 1037-1064*.
- [34] Paulson, B., Hammond, T. (2008). "PaleoSketch: Accurate Primitive Sketch Recognition and Beautification". *Architecture, 1-10*.
- [35] play.google.com/store/apps/details?id=com.teachersparadise.fingertracing001 (Erişim tarihi: Aralık 2016)
- [36] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.letterschool.lite> (Erişim tarihi: Aralık 2016)
- [37] Kim, H. (2012). "Analysis of children's sketches to improve recognition accuracy in sketch-based applications". *Texas A&M University*.
- [38] Hammond, T., Kim, H., Liew, J., Taelle, P., Valentine, S. (2014). "Developing Intelligent Sketch-based Applications to Support Children's Self-regulation and School Readiness".
- [39] Wobbrock, J. O., Wilson, A. D., Li, Y. (2007). "Gestures without libraries, toolkits or training: a \$1 recognizer for user interface prototypes", *Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology UIST 07, 85(2), 159*.
- [40] Yang, M., Kpalma, K., Ronsin, J. (2008). "A survey of shape feature extraction techniques". *Pattern recognition, 2008, 43-90*.
- [41] Graham, Ronald L., Yao, F. Frances (1983). "Finding the convex hull of a simple polygon". *Journal of Algorithms, 4 (4): 324-331*
- [42] Jarvis, R. A. (1973). "On the identification of the convex hull of a finite set of points in the plane". *Information Processing Letters, 2, 18-21*
- [43] Graham, R. L. (1972). "An efficient algorithm for determining the convex hull of a finite planar set". *Information Processing Letters, 132-133*
- [44] Andrew, A. M. (1979). "Another efficient algorithm for convex hulls in two dimensions". *Information Processing Letters, 9(5), 216-219*.
- [45] Chan, T. M. (1996). "Optimal output-sensitive convex hull algorithms in two and three dimensions". *Discrete & Computational Geometry, 16(4), 361-368*.

- [46] Freeman, H., Shapira, R. (1975). "Determining the minimum-area encasing rectangle for an arbitrary closed curve". *Communications of the ACM*, 18(7), 409-413.
- [47] Toussaint, G. (1983). "Solving Geometric Problems with the Rotating Calipers". *IEEE Melecon83*, (May), 1-8.
- [48] Dobkin, D. P., Snyder, L. (1979). "On a general method for maximizing and minimizing among certain geometric problems". *Proceedings of the 20th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, 9-17.
- [49] <http://www.mathopenref.com/ellipseeccentricity.html> (Erişim tarihi: Aralık 2016)
- [50] Weisstein, Eric W. "Eccentricity." From *MathWorld*--A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/Eccentricity.html> (Erişim tarihi: Aralık 2016)
- [51] Chang, C. C., Lin, C. J. (2011). "LIBSVM: a library for support vector machines". *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TISI)*, 2(3), 27.
- [52] Byun, H., Lee, S. W. (2002). "Applications of support vector machines for pattern recognition: A survey". *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 2388, 213-236. Springer Verlag.
- [53] Duan, K.-B., Keerthi, S. S. (2005). "Which Is the Best Multiclass SVM Method? An Empirical Study". *Multiple Classifier Systems*, 3541, 278-285.
- [54] Platt, J. (1999). Probabilistic outputs for support vector machines and comparisons to regularized likelihood methods. *Advances in large margin classifiers*, 10(3), 61-74.
- [55] Li, L., Zhang, X., Zhang, K., Liu, J. (2014). "Bilinear grid search strategy based support vector machines learning method". *Informatika (Slovenia)*, 38(1), 51-58. Slovene Society Informatika.
- [56] Yesilbek, K.T., Sen, C., Cakmak, S., Sezgin, T.M. (2015). "SVM for sketch recognition: Which hyperparameter interval to try?". *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 943-946.
- [57] DTREG modelleme uygulaması. <https://www.dtreg.com/> (Erişim tarihi: Aralık 2016)
- [58] Milli Eğitim Bakanlığı Talim terbiye kurulu okul öncesi eğitim öğretim programı <https://tegm.meb.gov.tr/dosya/okuloncesi/ooproram.pdf> (Erişim tarihi: Aralık 2016)
- [59] Milli Eğitim Bakanlığı Talim terbiye kurulu ilköğretim eğitim öğretim programı <http://talimterbiye.mebnet.net/Ogretim%20Programlari/ilkokul/2013-2014/Matematik1-5.pdf> (Erişim tarihi: Aralık 2016)

EKLER

EK 1: Yeniden örnekleme kod blokları

EK 2: Çocuklardan toplanan el çizimi şekil örnekleri

EK 3: Etik kurul onayı



EK 1:

```
private double contourLength(Point[] M){
    double length = 0;
    for(int i = 1; i <= M.length; i++){
        if(M[i] == null)
            break;
        length = length + euclideanDistance(M[i], M[i-1]);
    }
    return length;
}
```

Şekil 1.1. Toplam uzunluğun hesaplanması

```
double totalLength = contourLength(points.toArray());
double stepSize = totalLength / (N-1);
```

Şekil 1.2. Adım boyunun hesaplanması

```

private MatOfPoint resamplePoints(MatOfPoint M, int N){
    double totalLength = contourLength(points.toArray());
    double stepSize = totalLength / (N-1);
    double distance = 0;
    double d = 0;

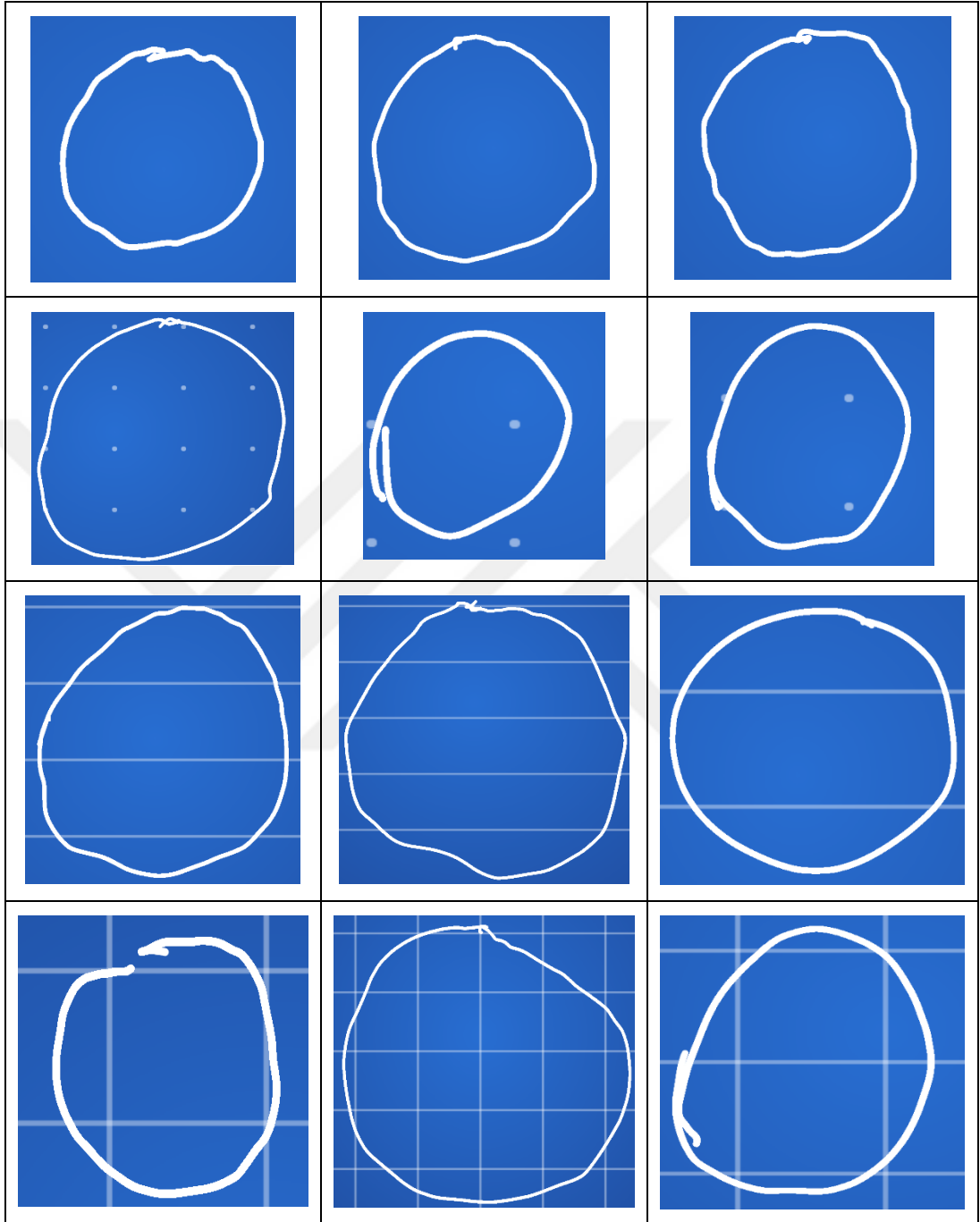
    Point[] pointArray;
    pointArray = points.toArray();
    Point[] newPoints = new Point[N];
    newPoints[0] = new Point(M.get(0,0)[0], M.get(0,0)[1]);
    int i = 1;
    int j = 1;
    while(i<N-1){
        d = euclideanDistance(M[j], M[j-1]);
        if(distance + d >= stepSize){
            double nX = M[j-1].x + ((stepSize-distance) *
                (M[j].x - M[j-1].x)/d);
            double nY = pointArray[j-1].y + ((stepSize-distance) *
                (pointArray[j].y - pointArray[j-1].y) / d);
            Point tempPoint = new Point(nX, nY);
            newPoints[i] = tempPoint;
            pointArray = insertPoint(pointArray, tempPoint, j);
            distance = 0;
            i++;
            j++;
        } else {
            distance = distance + d;
            j++;
        }
    }
    MatOfPoint returnPoints = new MatOfPoint();
    returnPoints.fromArray(newPoints);
    return returnPoints;
}

```

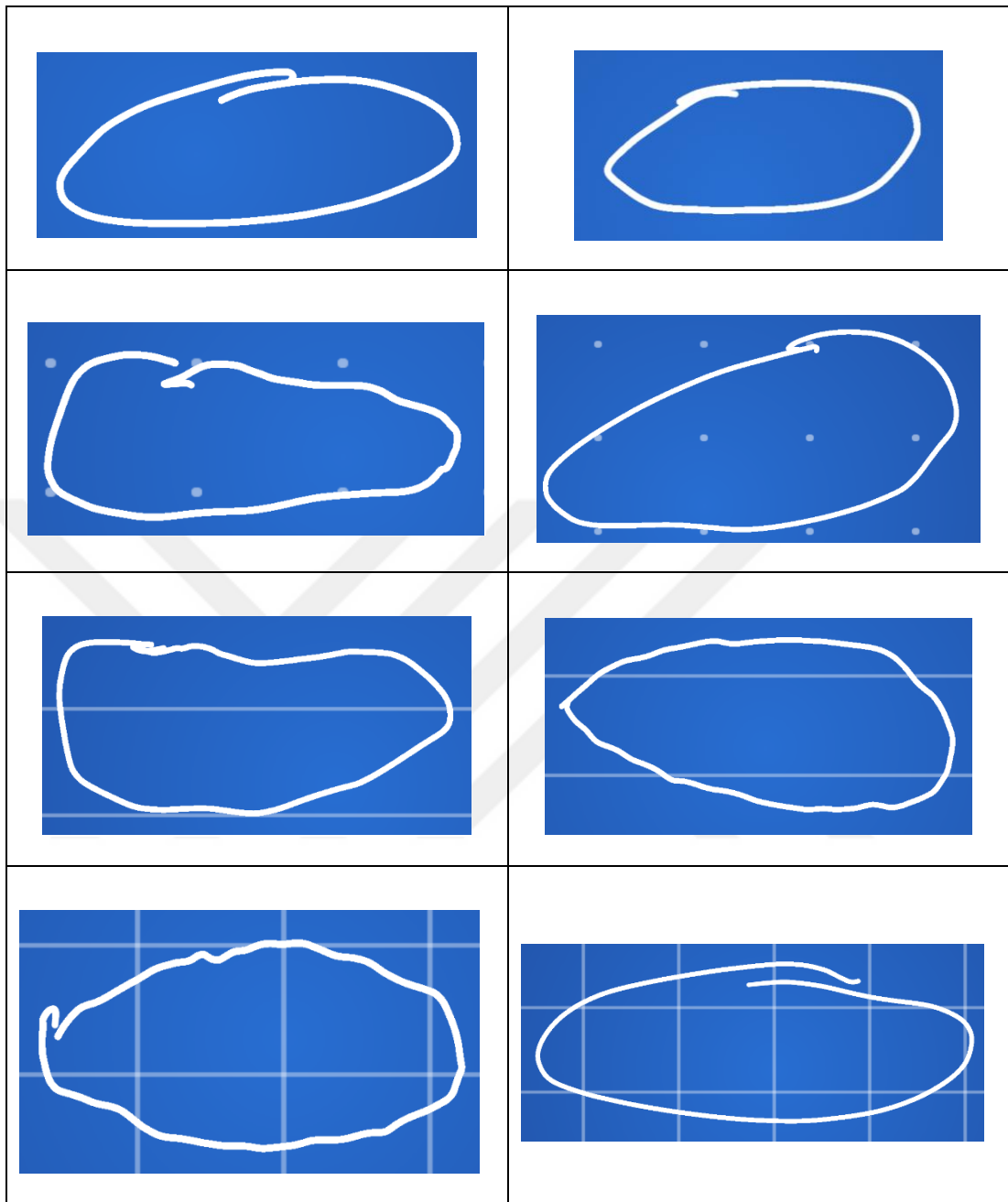
Şekil 1.3. Noktaları yeniden hesaplayan kod bloğu

EK 2:

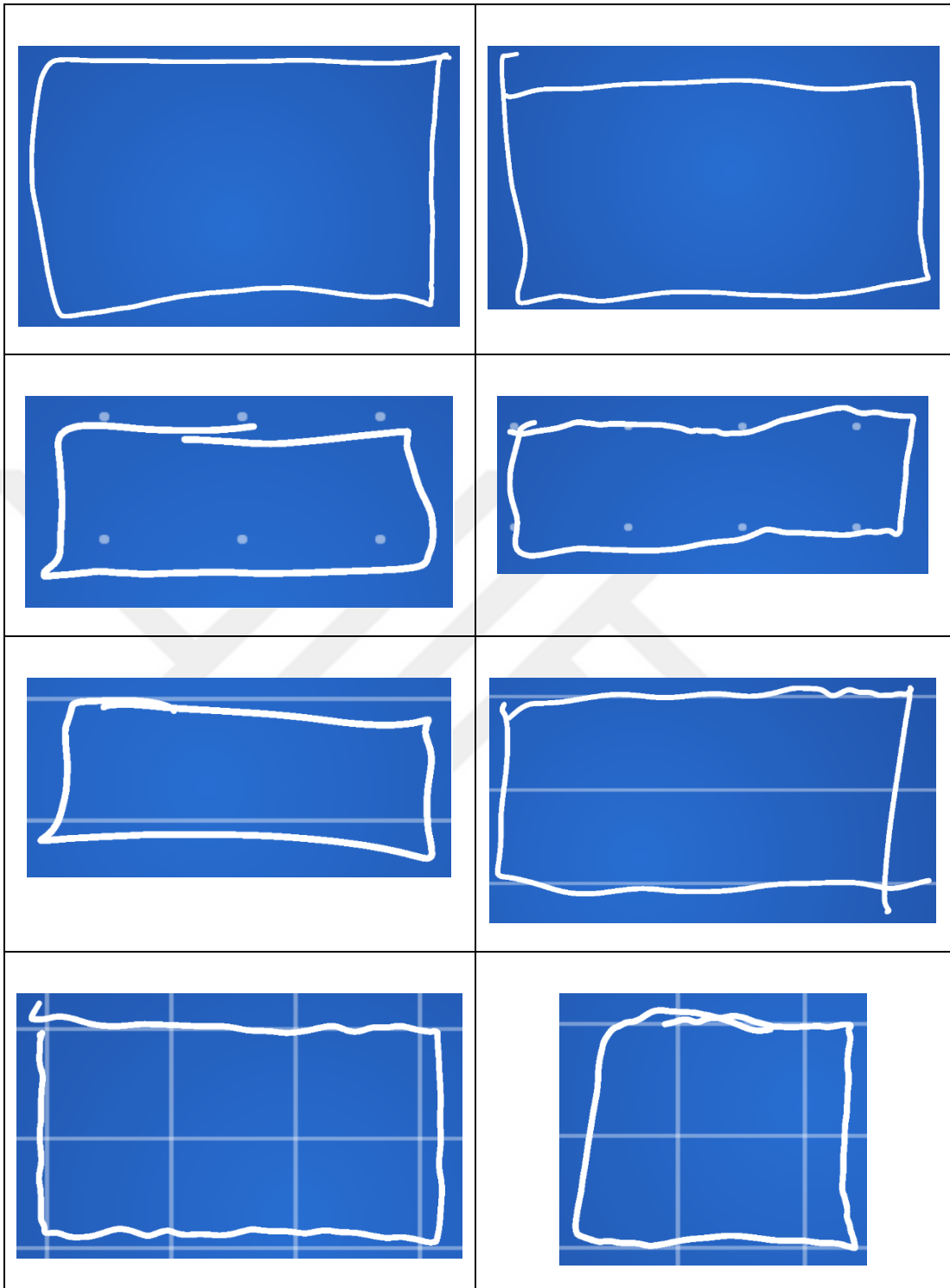
ÇEMBER



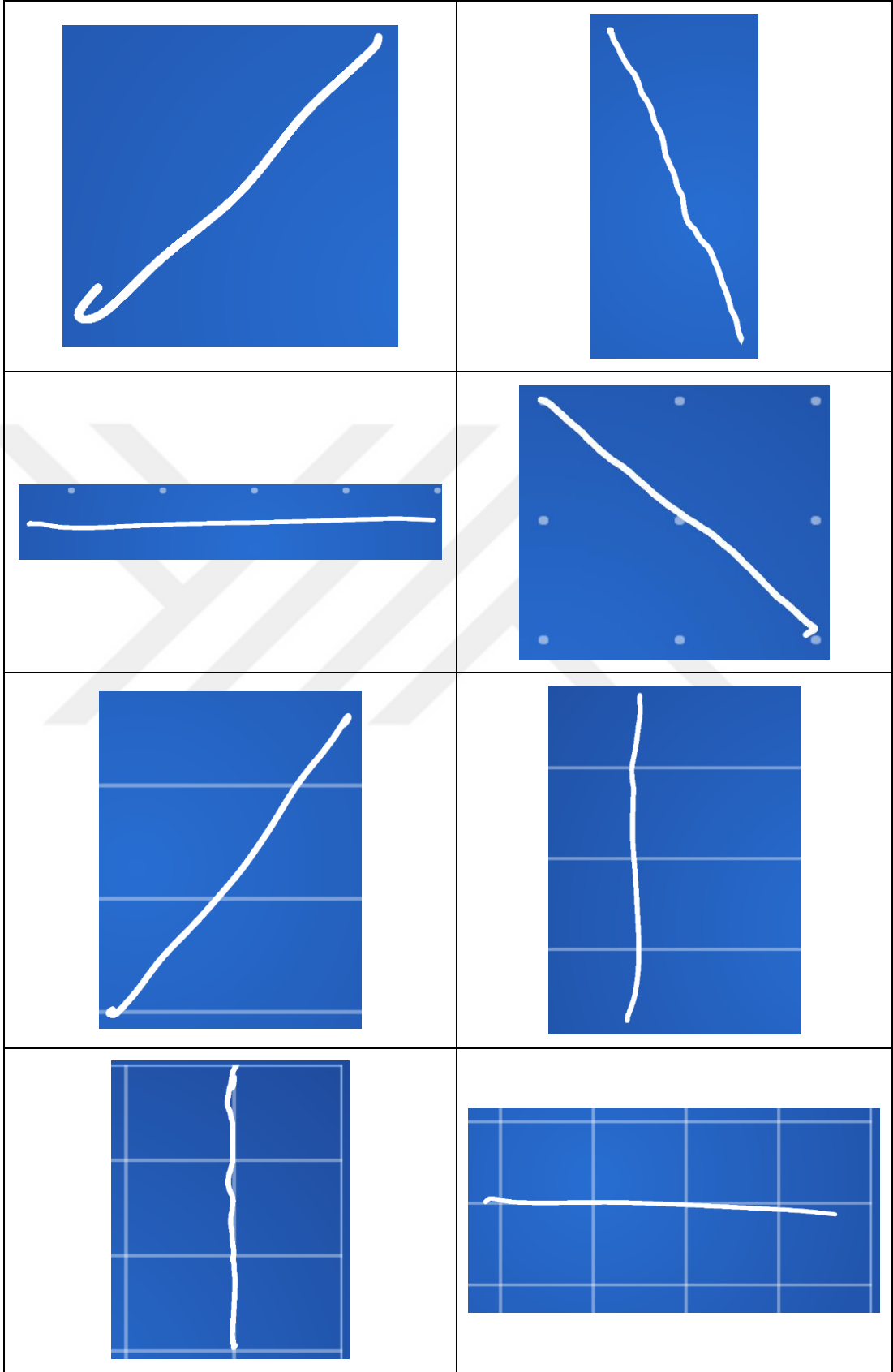
ELÍPS



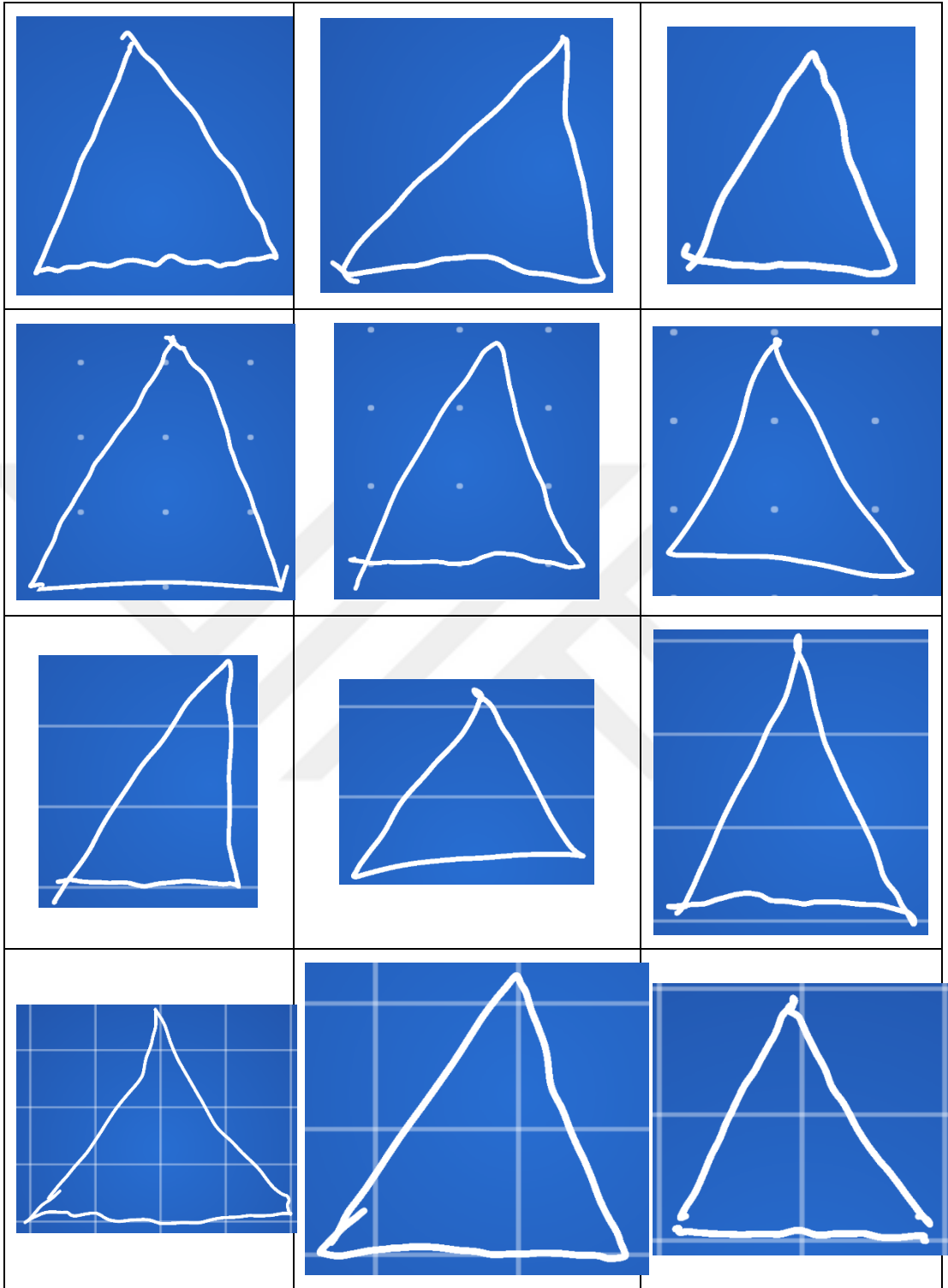
DİKDÖRTGEN



DÜZ ÇİZGİ



ÜÇGEN



EK 3:



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ETİK KURUL KARARLARI**

KARAR TARİHİ	TOPLANTI SAYISI	KARAR SAYISI
29.11.2016	9	2016/ 148

KARAR NO: Üniversitemiz Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Bölümü yüksek lisans öğrencisi Oğuz Emre KURAL'ın "Çocukların El Çizimi Şekillerinin Tanınması ve Çizim Başarılarının Değerlendirilmesi" başlıklı anket çalışması okunarak görüşüldü.

2016 – 148

Üniversitemiz Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans öğrencisi Oğuz Emre KURAL'ın "Çocukların El Çizimi Şekillerinin Tanınması ve Çizim Başarılarının Değerlendirilmesi" başlıklı anket çalışmasının kabulüne oybirliği ile karar verildi.

ASLI GİBİDİR.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Oğuz Emre KURAL

Doğum Yeri : SAMSUN

Doğum Tarihi : 15.09.1988

Eğitim Durumu

Lise : Milli Piyango Anadolu Lisesi (2006)

Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi (Şubat 2013)

Çalıştığı Kurum ve Yıl

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı (2013-2015)

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü (Eylül 2015 -)

Yayınlar

Kural, O. E., Kılıç, E. (2016). "Intelligent mobile drawing platform", *24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU)*, Zonguldak, 2016, 1765-1768.