

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA PROGRAMI**

**TEKİL DEĞER AYRIŞIMINA DAYALI ÖN KOŞULLAMA İLE
İYİLEŞTİRİLMİŞ SIKIŞTIRMALI ÖRNEKLEME VERİLERİNİN
SINIFLANDIRILMASI**

HAZIRLAYAN

ÖZGÜR DEVRİM ORMAN

DOKTORA TEZİ

ANKARA - 2023

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA PROGRAMI**

**TEKİL DEĞER AYRIŞIMINA DAYALI ÖN KOŞULLAMA İLE
İYİLEŞTİRİLMİŞ SIKIŞTIRMALI ÖRNEKLEME VERİLERİNİN
SINIFLANDIRILMASI**

HAZIRLAYAN

ÖZGÜR DEVRİM ORMAN

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. DERYA YILMAZ

ANKARA - 2023

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Elektronik Mühendisliği Doktora Programı çerçevesinde Özgür Devrim ORMAN tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 06 / 01 / 2023

Tez Adı: Tekil Değer Ayırışımına Dayalı Ön Koşullama İle İyileştirilmiş Sıkıştırılmalı Örneklem Verilerinin Sınıflandırılması

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

Prof. Dr. Hasan Şakir BİLGE (Başkan), Gazi Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Derya YILMAZ (Danışman), Gazi Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Selda GÜNEY, Başkent Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Hamit ERDEM, Başkent Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Mehmet Feyzi AKŞAHİN, Gazi Üniversitesi

.....

ONAY

Prof. Dr. Faruk ELALDI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 06 / 01 / 2023

Öğrencinin Adı, Soyadı: Özgür Devrim Orman

Öğrencinin Numarası: 21610513

Anabilim Dalı: Elektrik Elektronik Mühendisliği

Programı: Elektrik Elektronik Mühendisliği Doktora

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Doç. Dr. Derya Yılmaz

Tez Başlığı: Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama İle İyileştirilmiş Sıkıştırılmalı
Örnekleme Verilerinin Sınıflandırılması

Yukarıda başlığı belirtilen Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 238 sayfalık kısmına ilişkin, 30 / 12 / 2022 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7'dir. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

ONAY

Tarih: ... / ... /

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza:

Doç. Dr. Derya YILMAZ

.....

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamdaki akademik desteği ve hep yansıttığı pozitif enerjisi için tez danışmanım Doç. Dr. Derya YILMAZ'a müteşekkirim.

Sevgili aileme, pekçok birlikte geçirebilecek aile zamanını çalışmam için cömertçe bana verdikleri ve her zaman hissettiğim sınımsız destekleri için sonsuz teşekkür ediyorum.

Okula attığım ilk adımda öğretmenim olan anneme, aynı dönemde kendi sınıfımdan kaçıp derslerine girdiğim babama ve şu güne kadar üzerimde emeği olan bütün öğretmenlerime teşekkürü bir borç biliyorum.



ÖZET

Özgür Devrim ORMAN

TEKİL DEĞER AYRIŞIMINA DAYALI ÖN KOŞULLAMA İLE İYİLEŞTİRİLMİŞ SIKIŞTIRMALI ÖRNEKLEME VERİLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

2023

Günümüzde aktarılan, depolanan ve işlenen veri miktarının hızla artıyor olması nedeniyle, veri iletim, saklama ve veriden bilgi üretimi alanlarında yenilikçi çözümlere her geçen gün daha fazla gereksinim duyulmaktadır; Sıkıştırılmalı Örneklem (SÖ) veri aktarım ve depolama, Sıkıştırılmalı Sınıflama (SS) da veri sınıflama için yenilikçi çözüm sunan iki yaklaşımdır. SÖ, Shannon örneklem teoreminde gerek duyulan miktardan daha az sayıda örneklem kayıpsız bir geri çatım yüksek olasılıkla mümkün kılmaktadır. SS ise SÖ ile üretilen ölçüm uzayında gerçekleştirildiği için işlenen vektörlerinin boyut azaltımından kaynaklı işlem ekonomisi ve operasyon avantajları sağlamaktadır. SÖ’de kullanılan ölçüm matrisine Ön koşullama (ÖK) uygulanmasıyla geri çatım için gerekli örnek sayısı, dolayısıyla iletimi/saklanması gereken veri miktarı azaltılabilmektedir. Ayrıca, ölçüm matrisinin Tekil Değer Ayrışımı (TDA) ile iyileştirilmesinin geri çatım başarımına katkısının deneysel incelemesi de literatürde mevcuttur. Bu tezdeki yenilikler; SÖ’de ölçüm matrisinin TDA ile iyileştirildiği yaklaşımın bir ÖK olarak formüle edilip TDA-ÖK olarak adlandırılması, TDA-ÖK yaklaşımının geri çatım için gerekli örnek sayısını azaltacağına teorik ispatı ve bu neticeyi inceleyen iki farklı Monte Carlo (MC) benzetiminin gerçekleştirilmesi, TDA-ÖK kullanımının SS başarımına etkilerinin üç farklı sınıflama metodu (En Yakın K-Komşu (EYKK), Rasgele Orman (RO) ve Destek Vektör Makineleri (DVM)) kullanarak beş farklı veri kümesi (MNIST, Fashion MNIST, Chinese MNIST, Sign MNIST ve WARD) üzerinde gerçekleştirilen SS uygulamalarıyla incelenmesidir. Tezde elde edilen bulgulardan birisi TDA-ÖK’nin SS sonuçları üzerindeki etkisine dair kesin bir tanımlama yapılmasının mümkün olmadığıdır. Elde edilmiş diğer bir bulgu da SÖ ile üretilen ölçüm verilerinin sınıflanmasında EYKK’nin diğer iki yöntemle göre daha iyi sonuç verdiğidir. EYKK ile sınıflamaya dair bir başka bulgu da boyut azaltımında %25 ve %50 sıkıştırma oranları için SÖ’nün Temel Bileşen Analizi’ne (TBA) yakın bir alternatif oluşturmasıdır. Örnek

verilebilecek diğ er bir bulgu da incelenen boyut azaltım uygulamaları ve veri setleri için RO'nun kesinlik ve anımsama başarımının birkaç istisnai durum hariç sınıfıama öncesi boyut azaltımından olumsuz etkilendiğidir.

ANAHTAR KELİMELEER: Örnekleme, Sıkıştırma,  n Koşullama, Sınıfıama, Boyut Azaltımı.



ABSTRACT

Özgür Devrim ORMAN

CLASSIFICATION OF COMPRESSIVE SAMPLING DATA IMPROVED WITH SINGULAR VALUE DECOMPOSITION BASED PRECONDITIONING

Başkent University Institute of Science and Engineering

Department of Electric Electronic Engineering

2023

Compressive Sensing (CS) and Compressive Classification (CC) are the methods targeting transmission, storage, and information extraction fields of data that progressively demand innovative solutions due to the rapid increase in the amount of data transferred, stored, and processed in the modern world. CS enables lossless reconstruction with high probability with fewer samples than is required in the Shannon sampling theorem. In connection with that gain, CC, which runs on the measurement space generated by CS, provides economy in computation and advantages in operation. In the literature, it is well known the number of samples required for reconstruction and the amount of data to be transmitted/stored reduce by applying preconditioning (PC) to the measurement matrix (MM) in CS. In addition, MM enhancement via the Singular Value Decomposition (SVD) and reconstruction performance relation are also experimentally studied in the literature. Merging MM enhancement via the SVD approach and PC by reformulation is the first contribution in this thesis. At the same time, the other contributions are; naming this combined approach as SVD-PC, analytical proof of reduction of the number of required samples in reconstruction by applying SVD-PC in CS, development of two Monte Carlo simulations for probing the proven outcome of SVD-PC, experimental investigation of the effects of SVD-PC on CC via utilizing three different classification methods (K-Nearest Neighbours (KNN), Random Forest (RF) and Support Vector Machines (SVM)) over five different data sets (MNIST, Fashion MNIST, Chinese MNIST, Sign MNIST, and WARD). One of the findings obtained in the thesis is a precise definition of the effect of SVD-PC on CC performance cannot be made according to the results. Another finding from the observations in this thesis is that, KNN gives better results than the other two methods in classifying the data produced by CS. Moreover, as for classification with KNN, another finding is that CS seems like a close alternative to Principal Component Analysis (PCA) for 25% and 50% compression ratios in dimension reduction.

Another exemplary finding in the thesis is that the precision and recall performances of RF are adversely affected by the dimension reduction before classification, with a few exceptions.

KEYWORDS: Sampling, Compression, Pre-conditioning, Classification, Dimension Reduction.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖRNEKLEME TEOREMİ.....	3
3. SIKIŞTIRMALI ÖRNEKLEME.....	6
3.1. Ölçüm Matrisinin Sağlaması Gereken Özellikler.....	8
3.2. İşaretin Geri Çatımı.....	10
4. TEKİL DEĞER AYRIŞIMINA DAYALI ÖN KOŞULLAMA.....	14
5. SINIFLAMA.....	22
5.1. En Yakın K-Komşuluk.....	22
5.2. Destek Vektör Makineleri.....	24
5.3. Rasgele Orman.....	28
5.4. Sınıflayıcı Başarım Ölçütleri.....	30
5.5. Temel Bileşen Analizi.....	32
6. SIKIŞTIRMALI SINIFLAMA.....	34
7. TEKİL DEĞER AYRIŞIMINA DAYALI ÖN KOŞULLAMA’NIN SIKIŞTIRMALI SINIFLAMA’YA ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	38
7.1. MNIST Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırma Sınıflama Uygulamasında Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama’nın Etkisi.....	38
7.1.1. MNIST veri seti üzerindeki sıkıştırma sınıflama uygulamasının sonuçları.....	46
7.2. Fashion MNIST Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırma Sınıflama Uygulamasında Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama’nın Etkisi.....	46
7.2.1. Fashion MNIST veri seti üzerindeki sıkıştırma sınıflama uygulamasının sonuçları.....	55

7.3. Chinese MNIST Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırılmalı Sınıflama	
Uygulamasında Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama'nın Etkisi.....	56
7.3.1. Chinese MNIST veri seti üzerindeki sıkıştırılmalı sınıflama uygulamasının sonuçları.....	64
7.4. Sign MNIST Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırılmalı Sınıflama	
Uygulamasında Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama'nın Etkisi.....	65
7.4.1. Sign MNIST veri seti üzerindeki sıkıştırılmalı sınıflama uygulamasının sonuçları.....	73
7.5. WARD Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırılmalı Sınıflama Uygulamasında	
Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama'nın Etkisi.....	73
7.5.1. WARD veri seti üzerindeki sıkıştırılmalı sınıflama uygulamasının sonuçları.....	81
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....	87
EKLER	
EK 1: MNIST Sınıflama Hata Matrisleri	
EK 2: Fashion MNIST Sınıflama Hata Matrisleri	
EK 3: Chinese MNIST Sınıflama Hata Matrisleri	
EK 4: Sign MNIST Sınıflama Hata Matrisleri	
EK 5: WARD Sınıflama Hata Matrisleri	

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 5.1. Hata matrisi.....	31
Tablo 7.1. MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	39
Tablo 7.2. MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	40
Tablo 7.3. MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	40
Tablo 7.4. MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	40
Tablo 7.5. MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).....	40
Tablo 7.6. MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).....	41
Tablo 7.7. Fashion MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	48
Tablo 7.8. Fashion MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	48
Tablo 7.9. Fashion MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan,	

Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	48
Tablo 7.10. Fashion MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	49
Tablo 7.11. Fashion MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).....	49
Tablo 7.12. Fashion MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).....	49
Tablo 7.13. Chinese MNIST veri seti kategori – sayı karşılıkları.....	58
Tablo 7.14. Chinese MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	58
Tablo 7.15. Chinese MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	58
Tablo 7.16. Chinese MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	59
Tablo 7.17. Chinese MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	59
Tablo 7.18. Chinese MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerler (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).....	59
Tablo 7.19. Chinese MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma	

neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).....	59
Tablo 7.20. Sign MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	67
Tablo 7.21. Sign MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	67
Tablo 7.22. Sign MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	67
Tablo 7.23. Sign MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	67
Tablo 7.24. Sign MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).....	68
Tablo 7.25. Sign MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).....	68
Tablo 7.26. WARD veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	74
Tablo 7.27. WARD veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.....	75
Tablo 7.28. WARD veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı	

gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	75
Tablo 7.29. WARD veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.....	75
Tablo 7.30. WARD veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).....	75
Tablo 7.31. WARD veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).....	76



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 4.1. TDA-ÖK Yok (-x-) ve TDA-ÖK durumlarında (-●-) N=400 olmak üzere %75, %50 ve %25 m/N oranları için Gauss dağılımlı matrislerin uyum değişimi	19
Şekil 4.2. Gauss dağılımlı matrisler için TDA-ÖK uygulanmış (-●-) ve uygulanmamış (-x-) durumlarda izometri sabitinin alt sınırının değişimi.....	21
Şekil 7.1. MNIST veri setinden ilk beş rakam için el yazısı imgesi örnekleri.....	39
Şekil 7.2. MNIST veri setinden diğer beş rakam için el yazısı imgesi örnekleri.....	39
Şekil 7.3. MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.1. ve Tablo 7.2.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	42
Şekil 7.4. MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.1. ve Tablo 7.2.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	43
Şekil 7.5. MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.1. ve Tablo 7.2.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	43
Şekil 7.6. MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.3. ve Tablo 7.4.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	44
Şekil 7.7. MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.3. ve Tablo 7.4.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	45
Şekil 7.8. MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.3. ve Tablo 7.4.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	45

Şekil 7.9.	Fashion MNIST veri setinden ilk beş giysi kategorisi için görüntü örnekleri.....	47
Şekil 7.10.	Fashion MNIST veri setinden diğer beş giysi kategorisi için görüntü örnekleri.....	48
Şekil 7.11.	Fashion MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.7. ve Tablo 7.8.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	52
Şekil 7.12.	Fashion MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.7. ve Tablo 7.8.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	52
Şekil 7.13.	Fashion MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.7. ve Tablo 7.8.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	53
Şekil 7.14.	Fashion MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.9. ve Tablo 7.10.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	53
Şekil 7.15.	Fashion MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.9. ve Tablo 7.10.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	54
Şekil 7.16.	Fashion MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.9. ve Tablo 7.10.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	54
Şekil 7.17.	Chinese MNIST veri setinden 0.-4. kategori sayı karakterleri için görüntü örnekleri.....	57
Şekil 7.18.	Chinese MNIST veri setinden 5.-9. kategori sayı karakterleri için görüntü örnekleri.....	57
Şekil 7.19.	Chinese MNIST veri setinden 10.-14. kategori sayı karakterleri için	

görüntü örnekleri.....	57
Şekil 7.20. Chinese MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.14. ve Tablo 7.15.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	61
Şekil 7.21. Chinese MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.14. ve Tablo 7.15.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	62
Şekil 7.22. Chinese MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.14. ve Tablo 7.15.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	62
Şekil 7.23. Chinese MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.16. ve Tablo 7.17.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	63
Şekil 7.24. Chinese MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.16. ve Tablo 7.17.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	63
Şekil 7.25. Chinese MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.16. ve Tablo 7.17.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre %değişimi.....	64
Şekil 7.26. Sign MNIST veri setinden 0.-5. kategori el işaretleri için görüntü örnekleri.....	66
Şekil 7.27. Sign MNIST veri setinden 6.-12. kategori el işaretleri için görüntü örnekleri; 9. işaret veri setinde yer almamaktadır.....	66
Şekil 7.28. Sign MNIST veri setinden 12.-17. kategori el işaretleri için görüntü örnekleri.....	66
Şekil 7.29. Sign MNIST veri setinden 18.-23. kategori el işaretleri için görüntü örnekleri.....	66

Şekil 7.30.	Sign MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.20. ve Tablo 7.21.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	70
Şekil 7.31.	Sign MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.20. ve Tablo 7.21.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	70
Şekil 7.32.	Sign MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.20. ve Tablo 7.21.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	71
Şekil 7.33.	Sign MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.22. ve Tablo 7.23.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	71
Şekil 7.34.	Sign MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.22. ve Tablo 7.23.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	72
Şekil 7.35.	Sign MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.22. ve Tablo 7.23.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	72
Şekil 7.36.	WARD veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.26. ve Tablo 7.27.'de verilen kesinlik değerlerinden. TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	78
Şekil 7.37.	WARD veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.26. ve Tablo 7.27.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	79
Şekil 7.38.	WARD veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.26. ve Tablo 7.27.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK	

	uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	79
Şekil 7.39.	WARD veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.28. ve Tablo 7.29.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	80
Şekil 7.40.	WARD veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.28. ve Tablo 7.29.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	80
Şekil 7.41.	WARD veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.28. ve Tablo 7.29.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.....	81

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

DEA	Dik Eşleme Arayış
DD	doğrusal dönüşüm
DÖ	Derin Öğrenme
DVM	Destek Vektör Makineleri
EYKK	En Yakın K-Komşu
KEÖÖ	Kısıtlı Eş Ölçüm Özelliği
ÖK	ön koşullama
RO	Rasgele Orman
SG	seyrek gösterim
SÖ	Sıkıştırılmalı Örneklem
SS	Sıkıştırılmalı Sınıflama
SUÖ	Sıfır Uzay Özelliği
TDA	Tekil Değer Ayrışımı
TDA-ÖK	Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Önkoşullama
b	eğitim kümesi vektörlerini ayıran hiper düzlemin kesimi
e	hata vektörü
f	ayrık zamanlı işaret
$\bar{f}$	bir seyrek işaret vektörü
f(t)	t zamanının bir fonksiyonu
f_G	gerçek işaret
$\hat{f}_m$	aday işaret
$f_r(t)$	geriye çatılmış işaret
f°	tek boyutlu veri setinin örnek ortalaması
$\ f\ _i$	f vektörünün i. normu
f_i	f vektörünün i. bileşeni
$\bar{f}_i$	DEA’da i. yinelemede geri çatılmış işaret
g(f)	sınıflayıcı karar fonksiyonu
f_k	k. örneklem zamanında f(t) işareti
h(t)	darbe işareti
h_b	Vapnik ve Chervonenkis (VC) boyutu
l_i	i normu
m	ölçüm vektörünün uzunluğu
$\bar{o}_{eb}$	en büyük özdeğer
$\bar{o}_{ek}$	en küçük özdeğer
r_i	DEA’da ölçüm ile i. yinelemede tahmin edilen ölçüm arasındaki fark
$u_m(P_{m,i}, S_m)$	$P_{m,i}$ ve S_m arasındaki uzaklığı gösterir metrik
y	f işaretinin ölçümü
y_i	i. vektörün sınıflama neticesi
y_k	f(t) ile $\phi_k(t)$ ’nin korelasyonu
$y_{ÖK}$	ÖK uygulanmış ölçüm
y_{TDA}	Φ_{TDA} ile yapılmış ölçüm
$\dagger$	sözde ters operatörü
A	sezim matrisi
B	RO’daki temel sınıflayıcı sayısı
C	sıfırdan büyük bir sabit sayı
D	eğitim kümesi
F_{veri_1}	veri dağılım dizisi

F_{sorgu_1}	sorgu dağılım dizisi
G	ÖK matrisi
$H_s(f)$	sınıflayıcı
I	birim matris
J	sınıf etiketi
K	bir sabit
$K(B)$	B matrisinin durum numarası
M	sınıf bilgisi mevcut örnek sayısı
N	işaret vektörünün uzunluğu
N_c	ikili sınıflama negatif sınıf
O_i	i. olay
O^c	olayın tümleyeni
P_c	ikili sınıflama pozitif sınıf
$P(e)$	genel hata olasılığı
$P_{m,i}$	i. bağımsız veri vektörü
S	TDA tekil değer matrisi
S_d	ortak değişinti matrisi
S_m	tüm $P_{m,i}$ 'lerden bağımsız seçilen sorgu vektörü
S_s	sınıf sayısı
T	işaret süre sınırı
T_s	örnekleme zamanı
U	TDA sol tekil vektör matrisi
V	TDA sağ tekil vektör matrisi
W	işaretin frekans band sınırı
α	sınıflayıcının içerdiği parametre kümesi
α_0	örnek uzayındaki en iyi doğrusal sınıflayıcı
β	iki vektörün arasındaki açı
γ	riskteki sapma olasılığı hesabına dair katsayı
δ_k	k mertebesinde kısıtlı eş ölçüm sabiti
$\delta(t)$	Dirac darbe işareti
ε	sıfırdan büyük bir küçük sayı
η	güvenilirlik sabiti
κ	pozitif bir tam sayı
λ_i°	DEA'da i. yinelemede belirlenmiş önemli sütun
λ_i	ortak değişinti matrisinin i. özdeğeri
μ	mikro
$\mu(\Phi)$	Φ matrisinin bağdaşımı
$\mu^{(n)}$	eğitim kümesi vektörlerini ayıran hiper düzlemin normal vektörü
ξ	hata terimi
$\pi(\mu_n, b)$	μ_n ve b ile tanımlı hiper düzlem
σ	standart sapma
φ_i	Φ matrisinin i. sütunu
$\varphi_k(t)$	k. örnekleme zamanında $\varphi(t)$ işareti
ω	açısal frekans
$f_i'(\Lambda_i)$	DEA'da Λ_i ile gösterilen indisler için i. yinelemede geri çatılmış işaret
$g(f, \alpha)$	sınıflama fonksiyonu
$\hat{\xi}_{\Phi D}$	ΦD kümesi üzerinde eğitilmiş yumuşak marjlinli sınıflayıcı
h_{Λ}	h vektörünün Λ^c ile gösterilen indislerinin sıfırlanmış hali

$\hat{h}_i(f, \alpha_i, D)$	eğitim sonucu elde edilen karar ağacı
$u(f, \pi)$	f 'nin μ hiper düzlemine yönlü uzaklığı
Γ_a	bir geri çatma algoritması
Δ	örneğin aldığı değer belirteci
Λ	N 'lik bir sıra dizisinin alt kümesi bir sıra dizisi
Λ^c	Λ sıra dizisinin tümleyeni
$ \Lambda $	sıra dizisinin uzunluğu
$\bar{\Lambda}$	örnek vektörlerin normlarının üst sınırı
Λ_i	DEA'da i . yinelemede belirlenmiş önemli sütunların sıra dizisi
Σ_k	k seyrek işaretler uzayı
Φ	ölçüm matrisi
Φ_{ij}	Φ matrisinin i . satır ve j . sütundaki ögesi
Φ_{Λ_i}	Φ matrisinin sadece Λ_i ile gösterilen sütunlarını içeren matris
Φ_{TDA}	TDA ile türetilmiş ölçüm matrisi
Ψ_d	dönüşüm matrisi
Ω	sınıf
Ω_j	j . sınıf
$F(\omega)$	açısal frekansın bir fonksiyonu
$L(\Omega, g(f, \alpha))$	kayıp fonksiyonu
$M(f, \Omega_j)$	metrik
$N(\Phi)$	ölçüm matrisinin sıfır uzayı
$N(0, \sigma^2)$	ortalama değeri 0 varyansı σ^2 olan normal dağılım
$P(\Omega_i/f)$	f 'nin Ω_i sınıfına atanma olasılığı
$P(f, \Omega)$	olasılık dağılım fonksiyonu
$R(\alpha)$	beklenen risk
$R_{\text{ampirik}}(\alpha)$	ampirik risk
AAC	Advanced Audio Coding
GHz	Giga Hertz
H.26x	High Efficiency Video Coding video kodlayıcı ve kod çözücü ailesi
Hz	Hertz
JPEG	Joint Photographic Experts Group
MHz	Mega Hertz
MP3	MPEG-1 Audio Layer-3
MPEG	Moving Picture Experts Group
NTSC	National Television System Committee
NP	nondeterministic polynomial time
PAL	Phase Alternating Line
SECAM	Système Electronique Couleur Avec Memoire

1. GİRİŞ

Kısa sayılabilecek bir süre öncesine kadar sadece sayısallaştırılmış konuşma, metin ya da kısıtlı veri gönderimi yapan mobil telefonun; konuşma, görüntü, video, konum, ivme, eğim gibi pek çok veriyi ileten akıllı telefona dönüşmesinde olduğu gibi günlük hayat pratiklerinin her geçen gün daha fazla sayısal veri üretir hale gelmesi [1], nesnelerin internetinin (Nİ) son kullanıcı ve endüstri uygulamalarının yaygınlaşması [2], eğitim ve iş yazılımlarının veri odaklı yapıya geçmesi [3] gibi gelişmeler neticesinde dünyada işlenmekte ve depolanmakta olan veri miktarı her geçen gün daha da yüksek hızla artmaktadır. International Data Corporation'un (IDC) hazırlamış olduğu rapora göre [4] 2018 yılında 33 zettabyte (ZB) olan küresel veri miktarının 2025 yılında 175 ZB olması beklenmektedir. Bu öngörüye, bireylerin uzaktan çalışma, uzaktan eğitim gibi daha da çok veri üretecekleri tercihlere yönelmeleriyle veri üretim hızında meydana gelecek artışı da ilave etmek mümkündür. Arşivlenecek büyük miktardaki verinin saklanması ve veriden bilgiye dönüşümde SÖ ve SS maliyet azaltıcı iki önemli araç olarak karşımıza çıkmaktadır. SÖ, işareti yüksek frekansla örnekleyip elde edilen çok sayıda örneği sıkıştırmak yerine işaretin örnekleme frekansını düşürecek şekilde doğrudan sıkıştırılmış formda elde edilebilmesini sağlarken; SS sınıflama işlemini, geri çatımı yapılmaksızın, doğrudan SÖ verisini kullanarak gerçekleştirir.

Shannon örnekleme teoremine göre [5] sınırlı frekans bantlı bir işaretin kayıpsız geri çatımı için işaretin içerdiği en yüksek frekans bileşeninin iki katı frekansta örneklenmesi gerekir. Yüksek frekans bileşeni barındıran işaretlerin Shannon'un teoremine göre kayıpsız olarak geri çatılacak biçimde örneklenmesi için kullanılması gereken örnekleme frekansı, teknik olarak gerçekleşmesi mümkün olamayacak kadar büyük olabilmektedir. SÖ, seyrek ya da sıkıştırılabilir işaretler için salt frekans izdüşümüne dayalı olmayan bir örnek sayısı belirlenimiyle, Shannon örnekleme teoreminin gerektirdiğinden daha az sayıda örnekle kayıpsız bir geri çatımı mümkün kılmaktadır [6]. SÖ, başlangıcı yüz yıldan daha eski olan Seyrek Gösterimin (SG) bir alt koludur; SG'ye ilişkin ilk örneğe Schmidt [7]'in 1907 tarihli makalesinde rastlanır [8]. SÖ'nün gelişiminde temel olarak Candes et al. [9], Donoho [10] ve Branniuik [11]'un çalışmaları öne çıkmaktadır; söz konusu çalışmalar seyrek ya da sıkıştırılabilir gösterimi mümkün sınırlı boyutlu işaretlerin doğrusal ve uyarlanımsız az sayıdaki ölçümden geri çatılabileceğini göstermiştir [6]. SÖ'de ÖK yaklaşımı işlem yükünü arttırmadan geri çatımda gerekli örnek sayısında düşüş sağlamaktadır. ÖK, SÖ literatüründe

ilk defa Tsiligianni et al. [12]'ın çalışmasıyla yer almıştır, aynı çalışmada gösterilmiştir ki ikili rasgele matrisler kullanıldığında ÖK, aktarım donanımının etkinliğini büyük ölçekte iyileştirmektedir. Bu tezde, SÖ için TDA dayalı bir ÖK (TDA-ÖK) tanımlanmaktadır. Ölçüm matrisinin TDA ile türetilmiş olmasının SÖ'de kullanılan bir geri çatım yöntemi olarak Dik Eşleme Arayış (DEA) algoritmasına katkısı Zhang [13] tarafından deneysel olarak incelenmiş olmakla birlikte, deneysel bulgular analitik bir temele dayandırılmamıştır. Bu tezde yenilik olarak öncelikle SÖ'de ölçüm matrisinin TDA ile türetildiği yaklaşım bir ÖK olarak belirlenip TDA-ÖK olarak tanımlanmıştır, sonrasında da TDA-ÖK yaklaşımının geri çatım için gerekli örnek sayısını azaltacağına teorik ispatı yapılmış ve bu bulgu iki farklı MC benzetimi ile elde edilen sonuçlarla desteklenmiştir.

SÖ'de işlem yükünü arttırmadan geri çatımda gerekli örnek sayısında düşüş sağlayan ÖK yaklaşımı, SÖ'nün kullanımını içeren SS uygulamaları için de önemlidir. SS'de sınıflama öncesinde SÖ ile girdi nitelik vektörleri daha düşük boyutlu ölçüm ölçüm vektörlerine dönüştürülür. SS'de sınıflamanın ölçüm uzayında yapılması ve içerdiği boyut düşümünün işaretin niteliklerinden bağımsız olması öne çıkan avantajları olarak sıralanabilir. SS'nin gerçekleştirilebilmesi için düşük boyutlu ölçüm uzayında öğrenmenin mümkün olması gerekir. Calderbank et al. [14]'ın çalışmasında, sıkıştırımlı öğrenmeyle doğrudan sıkıştırılmış alanda öğrenmenin mümkün olduğu gösterilmiş, Wimalajeewa et al. [15] da seyrek işaretlerin az sayıda sıkıştırımlı ölçümle herhangi bir sınıflama yöntemi kullanılarak güvenli şekilde sınıflanabileceğini ortaya koymuştur. TDA-ÖK'nın SS'nin başarımına etkisi literatürde ilk defa bu tezde beş farklı veri seti (MNIST, Fashion MNIST, Chinese MNIST, Sign MNIST ve WARD) üzerinde; EYKK, RO, ve DVM olmak üzere üç farklı sınıflama algoritması kullanılarak deneysel olarak incelenmiştir.

2. ÖRNEKLEME TEOREMİ

Analog dünyadan sayısal dünyaya yaygın bir geçisin kapısını aralayan en önemli matematiksel bağıntı Shannon [5] 'un ortaya koymuş olduğu örnekleme teoremidir. Shannon makalesinde teoremin ifadesinden önce, 0'dan başlamak suretiyle W Hertz (Hz) bant genişliğinde ve bizim T süresince kullanabildiğimiz bir kanal tasavvur eder. Bu kanalda kendisinin de ifade ettiği gibi teknik olarak eldesi mümkün olmayan hem W Hz bant genişliğinde hem de T süresinde tam olarak sınırlı herhangi bir zaman işareti gerçekleştirilebilir. Ek olarak söz konusu hipotetik duruma getirdiği açılımla bant sınırını değiştirmeden, süre sınırının dışında işaretin çok küçük kalması durumunda bunun teknik olarak gerçekleştirilebileceğini belirtir. Diğer bir deyişle frekansta W bandında ve zamanda T süresi içinde sınırlı bir işaret verilecek $2TW$ adet sayıyla tanımlanabilir. Söz konusu sayı adeti teoremin detaylarının sunumunun akabinde üzerinde duracağımız unsurlar arasında yer almaktadır. Shannon'un teoremi aslına bağlı kalarak şöyle ifade edilebilir; W Hz 'in üzerinde frekans içermeyen bir $f(t)$ fonksiyonu verilen $\frac{1}{2W}$ saniye aralıklı seri şeklindeki ordinat noktalarıyla tam olarak belirlenebilir.

Teoremin açıklamasında Shannon, (2.1)'de gösterilmiş olduğu gibi, $f(nT_s)$, $f(t)$ işaretinin T_s örnekleme zamanının ($T_s = \frac{1}{2W}$) herhangi bir n tam katındaki değeri, $F(\omega)$ de (ω açısal frekansı gösterir) söz konusu işaretin frekans düzlemindeki karşılığı olmak üzere, $F(\omega)$ 'nın Fourier serisi açılımındaki n . katsayı olduğunu belirtir.

$$f(nT_s) = \frac{1}{2\pi} \int_{-2\pi W}^{2\pi W} F(\omega) e^{j\omega n T_s} d\omega \quad (2.1)$$

İşaretin örneklerinden $h(t) = \frac{\sin 2\pi W t}{2\pi W t}$ biçimindeki bir darbenin kullanımıyla geri çatılabileceğini ekler. Söz konusu darbe ideal bir alçak geçiren filtrenin zaman düzlemi karşılığına denktir, bu işaret $t=0$ anında 1 olup T_s örnekleme anının tam katlarında 0 değerindedir. Söz konusu ideal alçak geçiren filtreleme örneklenmiş işaretin darbe değerleri arasında interpolasyon sağlayarak geriye çatılmış sürekli zamanlı işareti üretir [16]. Geriye çatılmış işaret $f_r(t)$ ile gösterilmek suretiyle tanımladığımız filtreleme (2.2)'deki denkleme karşılık gelir.

$$f_r(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT_s) \frac{\sin 2\pi W(t-nT_s)}{2\pi W(t-nT_s)} \quad (2.2)$$

Shannon'un örnekleme teoreminin ismine atfının yanında aynı teorem farklı isimlerle de sıklıkla birlikte anılmaktadır; teoremin açıklandığı 1949 tarihli makalede Shannon bu bilginin matematikçiler tarafından başka formlarda daha önce ifade edildiğini belirterek bunun için Whittaker [17] 'ın 1935 tarihli çalışmasını adresler, öte yandan söz konusu bilginin haiz olduğu önemin haberleşme teorisi literatüründe yeterince karşılık bulamamasına rağmen Nyquist [18] 'ın 1928 ve Gabor [19] 'un 1946 yıllarındaki çalışmalarında işaretin belirlenmesine dair daha önce sözü geçen $2W$ adet sayının yeterliliği bilgisinin mevcut olduğunu, hatta Nyquist'in $\frac{1}{2W}$ saniye zaman aralığının önemini telgrafa ilişkin olarak ifade etmiş olduğunu söyleyerek, teoreminde yer alan W bandının Nyquist aralığı olarak adlandırılacağını belirtir. Burada sözü geçen isimlerin dışında batıdan ayrı olarak doğu bloğu bilimsel literatüründe Kotelnikov [20] 1933 yılındaki makalesiyle örnekleme teoremini ortaya koyan kişi olarak görünmektedir. Bunlardan dolayı kimi metinlerde bu teorem Whittaker Kotelnikov Shannon örnekleme teoremi olarak adlandırılmaktadır [21].

Shannon'un örnekleme teoreminin haberleşme ve bilgi iletiminde açmış olduğu çığır paralelinde üzerinde pek çok çalışma yapıp irdelendiği de görülmektedir. Tartışılardan sadece bazıları; gerçek dünyada işaretlerin tam anlamıyla bant sınırlı olamayacakları [22], geri çatımda sinc fonksiyonunun düşümünün yavaş olması sebebiyle pratikte tercih edilmediğidir [23]. Örnekleme teoremi bağlamında yapılan çalışmalardan, kapsamıyla ilk göze çarpan ikisi Jerri [21] 'nin 1977 ve Unser [24] 'in 2000 yıllarında yayınlanmış olan alan incelemeleridir

Jerri [21] 'nin çalışmasında öne çıkan unsurlardan ilki örnekleme teoreminin Fourier dönüşümünün dışında sonlu limitli integral dönüşümlerin (örneğin Bessel, Hankel) kullanımıyla genelleştirilebileceği fakat işaretin sonlu limitli çift ters Fourier dönüşümüyle gösterilebildiği durumlarda genelleştirmenin avantajının ortadan kalktığı ve Shannon'un orijinal teoremindeki tanımına denk hale geldiği, bir diğeri de örneklemin pratikteki uygulamalarında ortaya çıkan çeşitli hatalar (geri çatımda gerekli olan sonsuz örnek yerine sınırlı sayıda örnek kullanılmasından dolayı kesme "truncation", işaretin bant sınırlı olamadığı durumda görülen örtüşme "aliasing", işaretin genliğindeki belirsizlikten meydana gelen genlik "amplitude" ya da yuvarlama "round-off", işaretin örnekleme anlarından farklı anlarda örneklenmesinden kaynaklanan titreme "jitter") ve bunların sınırlarıdır.

Unser [24]'in çalışması günümüze daha yakın olup, burada da Jerri [21] 'nin uygulamasındaki gibi örnekleme teoreminin genelleştirilmesine yönelik tartışmalar çokça

yer almaktadır, çalışmasında öne çıkan unsurlardan biri; örneklemede kullanılan ön ve son filtrenin ideal alçak geçiren filtreler olmasının gerekmediği, söz konusu filtreler çiftlikgen “biorthogonal” kalmak suretiyle daha serbest bir seçim yapmanın mümkün olduğudur.

Shannon’un teoreminin açıklamasında tanımlamış olduğu 2TW adet sayı ile işaretin belirlenebilirliği de gerek koşul değil yeter koşul olarak ele alınabilir, kimi işaretlerin teoremden belirtilenden çok daha az sayıda örnekten kayıpsız olarak geri çatılabileceği gösterilebilir ve bu SÖ alanının konusudur.



3. SIKIŞTIRMALI ÖRNEKLEME

Shannon'un örnekleme teoreminde tariflenmiş olan Nyquist frekansının koşul olarak kabulü kimi güncel uygulamaların gerçekleştirilmesinde sorun teşkil etmekte olup, bu Nyquist frekansı koşulunun uzunca bir süredir sorgulanmasını ve olası alternatifler üzerinde çalışmayı da beraberinde getirmiştir. Örneğin standart radar uygulamasında alınan işaret Nyquist frekansında örneklenir bu da yüzlerce Mega Hertz (MHz) 'e ya da Giga Hertz (GHz) 'ler mertebesine tekabül eder, bunun yanında darbe-Doppler radarını göz önüne alacak olursak söz konusu yüksek örnekleme frekansı aynı zamanda tek bir darbe için çok yüksek sayıdaki örneğe karşılık gelmektedir [25]. Yüksek Nyquist frekansında örneklemeyle ilişkin bir diğer husus, kimi durumlarda analogdan sayısala dönüştürücü gerçekleştirmesinin ya çok maliyetli ya da olanaksız hale gelmesidir [26-29].

Yüksek frekanslı örnekleme neticesinde üretilen çok miktarda verinin iletimini ya da saklanmasını kolaylaştırmak için akla gelebilecek ilk yollardan bir tanesi bu veriyi sıkıştırmak olabilir, buna ilişkin çözümlerden en önde geleni kayıplı dönüşüm kodlamasıdır. Dönüşüm kodlaması üç aşamadan oluşur; örnekleri bağılışımsız veri seti haline çeviren bir doğrusal dönüşüm (DD), her bir sayıl katsayısının ayrı nicemlenmesi, ve entropi kodlama [30]. DD neticesinde üretilen verinin seyrek ya da sıkıştırılabilir olması durumunda, salt yüksek katsayılı bileşenlerin değer ve lokasyon bilgisiyle işaretin en iyilenebilecek bir kayıpla yaklaşık geri çatımı mümkündür, bu yöntem bilinirliği oldukça eskiye dayanan seyrek yaklaşım metodudur. Konuya ilişkin ilk örnek Schmidt'in 1907 tarihli çalışması olarak gösterilir [31]. Dönüşüm kodlamasının gerçek hayatta karşımıza çıkan uygulama alanı çok yaygındır; ilk örnek olarak 1950'lerin başında standartlaşan National Television System Committee (NTSC) renkli televizyon verilebilir, Phase Alternating Line (PAL) ve Systeme Electronique Couleur Avec Memoire (SECAM)'da da NTSC ile benzer yaklaşım kullanılır, daha güncel uygulamalara örnek olarak Joint Photographic Experts Group (JPEG), Moving Picture Experts Group (MPEG), High Efficiency Video Coding video kodlayıcı ve kod çözücü ailesi (H.26x), MPEG-1 Audio Layer-3 (MP3), Advanced Audio Coding (AAC) ve JPEG 2000 verilebilir. Veriyi sıkıştırmak eldeki veri miktarını azaltıcı bir çözüm olmakla birlikte, dönüşüm kodlaması, verinin yüksek frekansta örneklenme gereksinimi ve neticesinde çok sayıda veri üretimi problemine bir çözüm getirememektedir. Dönüşüm kodlamasında veri yine Nyquist frekansında örneklenmekte, yine Shannon'un örnekleme teoremi bahsinde ifade edilmiş 2TW adet sayı üretilmekte ancak bunun akabinde söz konusu

2TW sayı belli bir kayıp kabulü ile sıkıştırılarak iletilmekte ya da saklanmaktadır. SÖ Nyquist frekansında örnekleyip akabinde sıkıştırmak yerine işaretin daha düşük bir frekansta doğrudan sıkıştırılmış formunun eldesinin mümkün olup olamayacağı sorgusundan yola çıkar.

SÖ işaretin bant genişliği yerine içerdiği bilgi hızını baz alan bir örnekleme yaklaşımı sunmaktadır [32], bunu mümkün kılan iki prensip seyreklik ve bağdaşmazlıktır [33]. SÖ seyreklik bağlamında işaretin dayandığı bağımsızlık derecesinin 2TW'den daha düşük olabileceğine ve örneklenecek işaretin kendisi seyrek ya da sıkıştırılabilir olmasa bile seçilecek uygun bir dönüşüm neticesinde bu özelliklere sahip kılınabileceğine dayanır. Bağdaşmazlık, işaretin bir dönüşüm alanında seyrek gösteriminin mümkün olmasına karşılık örnekleneceği alanda seyrek olmayacağına işaret eder. Konunun girişinde sunmuş olduğumuz yüksek frekanslı radar işaretinin işlenmesi problemine SÖ ile getirilen örnek çözümlere göz atacak olursak; frekansta örtüşmeyen 15 adet 50 MHz bant genişliğinde doğrusal FM sinyalinin bileşiminden oluşan 750 MHz toplam bant genişliğine ve 10 mikro (μ) saniye süreye sahip çok frekanslı chirp iletim işaretin chirp demodülasyonu 50 MHz bant genişliğinde ve 5 M örnek/sn ile örneklenmiş tek bir referans chirp kullanılarak gerçekleştirilebilmiş [34], darbe-Doppler işaretinin işlenmesinde Nyquist frekansının $\frac{1}{8}$ 'i örnekleme frekansında örneklenmiş işaret ile Nyquist frekansında standart radar işaret işleme başarımı yakalanabilmiştir [35].

SÖ yaklaşımının teorik detaylandırılması için öncelikle örnekleme kavramından sezim kavramına genelleştirmenin [33] gözden geçirilmesi yararlı olacaktır. $f(t)$ işaretinin f_k ile göstereceğimiz bir örnek değerinin eldesi T_s örnekleme frekansını ve $\delta(t)$ ideal Dirac darbe işareti olmak suretiyle (3.1)'deki gibi gösterilebilir.

$$f_k = f(t)\delta(t - kT_s) \quad (3.1)$$

Yukarıdaki eşitliği korelasyon ifadesiyle gösterecek olursak (3.2)'deki şekli alır.

$$f_k = \langle f(t), \delta_k(t) \rangle \quad (3.2)$$

Korelasyonu daha genelleştirip işaretin $\delta_k(t)$ ile değil de bir $\varphi_k(t)$ işaretiyle korelasyonunu göz önüne alacak olursak (3.3)'deki eşitliğe varırız.

$$y_k = \langle f(t), \varphi_k(t) \rangle \quad (3.3)$$

$\varphi_k(t)$ 'nin Dirac darbe işaretiyle karşılık geldiği durumda y_k 'nin işaretin zamanda örneklenmiş değerlerine karşılık geldiği hali hazırda bilinmektedir, öte yandan eğer $\varphi_k(t)$ bir

sinüzoidal işaret ise y_k 'nın Fourier katsayısına denk olacağı ya da $\phi_k(t)$ 'nin piksel belirteç fonksiyonu olduğu takdirde y_k 'nın sayısal kameradaki k algılayıcısının çıktısı olabileceği görülmektedir.

SÖ, işaretin T süresince Nyquist frekansında örneklenmesi neticesinde elde edilecek örnek sayısı $N = 2TW$ ile gösterilecek olursa, aynı işaretin $m \ll N$ olmak üzere, m adet sayı kullanılarak Shannon'un örnekleme teoremindeki başarıma denk olacak şekilde geri çatımının mümkün olabileceğini tanımlar. Elimizde N uzunluklu ayrık zamanlı bir $f \in \mathbb{R}^N$ işareti olduğu durumda söz konusu işaretin SÖ'sünün ifadesi (3.4) ve (3.5)'de gösterildiği gibidir.

$$y_k = \langle f, \phi_k \rangle, \phi_k \in \mathbb{R}^N, k=1, \dots, m \quad (3.4)$$

Φ ölçüm matrisi olarak adlandırılır ve $\Phi \in \mathbb{R}^{m \times N}$, $\Phi = [\phi_1, \dots, \phi_m]$ dir.

$$y = \Phi f, y \in \mathbb{R}^m \quad (3.5)$$

(5)'de ilk göze çarpan şey elimizdeki denklem sayısının bilinmeyen sayısından az olduğudur, SÖ eksik belirtilmiş bir denklem tanımlar. İşaretin geri çatımını düşündüğümüzde genel olarak eksik belirtilmiş bir sistemin sonsuz sayıda çözüm bulunduğundan problem eksik tanımlanmıştır, fakat işaretin seyrek ya da sıkıştırılabilir olması durumunda gerekli bağımsız değişken mertebesi düşük olup işaret az sayıda baz vektörün lineer toplamı olarak yazılabilir. İşaretin geri çatımı ancak buna uygun ölçüm matrisinin kullanımıyla mümkündür.

3.1. Ölçüm Matrisinin Sağlaması Gereken Özellikler

(5)'de gösterildiği gibi, ölçülen tüm seyrek işaretlerin geri çatımı amaçlandığından k seyrek işaretler uzayı olan Σ_k 'nın elemanı olan iki farklı seyrek işaret vektörü f ve f' 'ın ölçümleme neticesi farklı olmalıdır, Σ_{2k} $2k$ seyrek işaretler uzayını göstermek üzere, $(f - f') \in \Sigma_{2k}$ 'dır, buna göre, $\Phi(f - f') = 0$ olmaması için Φ 'nin sıfır uzayında Σ_{2k} 'ya ait hiçbir vektör yer almamalıdır.

Sıfır uzayına ilişkin ilk bağıntıyı Φ matrisinin spark'ına (doğrusal bağımsız en az sütun adeti) ilişkin olarak şöyle tanımlayabiliriz; herhangi bir $y \in \mathbb{R}^m$ 'ye karşılık gelen en çok bir k seyrek f işaret vektörü olabilmesi ancak ve ancak Φ matrisinin spark'ı $2k$ 'dan büyük olduğu takdirde mümkündür. Tam olarak seyrek vektörlerle çalıştığımızda spark bize seyrek geri

çatımın mümkün olma durumunu tam olarak gösterebilse dahi, yaklaşık olarak seyrek vektörlerle çalıştığımızda Φ 'nin sıfır uzayına ilişkin ek kısıtlar konulması gerekir [6, 36, 37].

Bir $f \in \mathbb{R}^N$ vektörü için, f_i vektörün i . bileşenini göstermek üzere, l_1 ve l_2 normları sırasıyla ve $\|f\|_1 = (|f_1| + \dots + |f_N|)$ ve $\|f\|_2 = \sqrt{f_1^2 + \dots + f_N^2}$ dir.

Φ matrisine ilişkin sıfır uzayı özelliği (SUÖ) aşağıdaki gibi tanımlıdır [6].

Bir Φ matrisinin k seyrek SUÖ'yü sağlayabilmesi için, $N(\Phi)$ sıfır uzayını gösterir, C bir sabit ve $C > 0$ iken (3.6)'daki eşitsizliğin sağlanıyor olması gerekir.

$$\|h_\Lambda\|_2 \leq C \frac{\|h_{\Lambda^c}\|_1}{\sqrt{k}}, h \in N(\Phi) \text{ ve } \forall \Lambda \text{ için } |\Lambda| \leq k \text{ olup, burada} \quad (3.6)$$

Λ : N 'lik bir sıra dizisinin alt kümesi bir sıra dizisini,

Λ^c : Λ sıra dizisinin tümleyeni,

h_Λ : h vektörünün Λ^c ile gösterilen indislerinin sıfırlanmış hali,

$|\Lambda|$ sıra dizisinin uzunluğunu, belirtir

Sıfır uzayı güçlü bir metrik olsa da düzensizlikler içermediği için, ölçümlerin nicemleme hatası barındırması ya da gürültü içermesi durumlarını kapsamaz, neticede bu durumların da göz önüne alındığı daha güçlü bir metriğin tanımlanması gerekir. Tanımı aşağıda verilen kısıtlı eş ölçüm özelliği (KEÖÖ) [38] böyle bir metriktir.

Bir Φ matrisinin k mertebesinde KEÖÖ'yü sağlayabilir olması için, $\delta_k \in (0, 1)$ iken (3.7) her $f \in \Sigma_k$ tarafından geçerli kılınmalıdır.

$$(1 - \delta_k) \|f\|^2 \leq \|\Phi f\|^2 \leq (1 + \delta_k) \|f\|^2 \quad (3.7)$$

KEÖÖ'yü sağlamak için gereken ölçüm sayısı Φ matrisinin belirlenmesi için önemli bir özelliktir, Φ bir $m \times N$ ölçüm matrisi olup KEÖÖ'yü $2k$ mertebesinde $\delta_{2k} \in (0, \frac{1}{2}]$ sabitiyle sağlıyorsa, gereken ölçüm sayısı (3.8)'e uygun olur [39].

$$m \geq C k \log \left(\frac{N}{k} \right), C = \frac{1}{2} \log(\sqrt{24} + 1) \quad (3.8)$$

KEÖÖ'yü kullanarak geri çatımın kararlılığına ilişkin olarak da şu çıkarımı yapabiliriz [16x39]; $\Phi: \mathbb{R}^N \rightarrow \mathbb{R}^m$ bir dönüşüm matrisi ve $\Gamma_a: \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^N$ bir geri çatım algoritması olmak üzere, (Φ, Γ_a) çifti'nin C kararlılığı herhangi $f \in \Sigma_k$ ve $e \in \mathbb{R}^m$ için (3.9)'daki eşitsizliğin sağlanmasını gerektirir.

$$\|\Gamma_a(\Phi f + e)\|_2 \leq C \|e\|_2 \quad (3.9)$$

Ölçüme eklenecek küçük bir hatanın işaretin geri çatılmış halini çok büyük yapmayacak olması bu eşitsizliğin neticesidir. C kararlılığı KEÖÖ ile ilişkilendirmek aşağıdaki bağıntıyla mümkündür [39].

Eğer (Φ, Γ_a) çifti C kararlıysa her $f \in \Sigma_k$ için $\frac{1}{C} \|f\|_2 \leq \|\Phi f\|_2$ sağlanır. Elimizdeki bu eşitsizlik KEÖÖ'nün alt sınırına tekabül etmektedir.

KEÖÖ ve sıfır uzayı özelliğiyle spark k seyrek işaretlerin geri çatımını garantiliyor olsa da, bir Φ matrisinin bu özelliklerinde birisini sağladığını gösterebilmek için her $\binom{N}{k}$ alt matrislerinin üzerinde katışimsal arama yapılması gerekir [6]. Diğer yandan KEÖÖ ve SUÖ'nün hesaplanmasının NP-zor olduğu bilinmektedir [37]. Söz konusu hesap zorlukları daha kolay hesaplanabilecek daha somut geri dönüşüm garantisi ölçütlerini temin etmeyi gerekli kılmaktadır, uyum bu nitelikte bir özelliktir.

Bir Φ matrisinin uyumu $\mu(\Phi)$ ile gösterilir ve (3.10)'daki gibi hesaplanır.

$$\mu(\Phi) = \max_{1 \leq j \leq k \leq N} \frac{|\langle \phi_j, \phi_k \rangle|}{\|\phi_j\|_2 \|\phi_k\|_2} \quad (3.10)$$

Her $y \in \mathbb{R}$ için en çok bir $f \in \Sigma_k$ işaret vektörünün mevcudiyetini öyle ki $y = \Phi f$ olmasına uygun k seyreklik değerine uyum kullanılarak tanımlanan üst sınır (3.11)'deki gibidir [40].

$$k < \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\mu(\Phi)} \right) \quad (3.11)$$

Yüksek kısıtlı eş ölçüm derecesine sahip ölçüm matrisi eldesi SÖ'deki öncelikli hedeflerden birisidir, bir diğer hedef de ölçüm değerlerinden işaretin geri çatımının sağlayacak algoritmanın belirlenmesidir. Rasgele matrislerin kısıtlı ölçüm özelliğini sağlıyor olması [41, 42] uygun ölçüm matrisi üretimi hedefine ulaşmayı oldukça kolaylaştırmaktadır. Söz konusu rasgele matrisin öğeleri birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip örneklemeyle, Gauss (ortalaması 0 ve değişintisi $\frac{1}{m}$ olan), simetrik Bernoulli (Φ_{ij} eşit olasılıkla $\pm \frac{1}{\sqrt{m}}$) ya da başka bir Gauss alt dağılımdan elde edilebilir. Bu tezde Gauss dağılımından üretilmiş ölçüm matrisleri kullanılmıştır.

3.2. İşaretin Geri Çatımı

(5)'i göz önüne aldığımızda, elimizdeki $\Phi: \mathbb{R}^N \rightarrow \mathbb{R}^m$, $m \ll N$ olan bir dönüşüm matrisi ve $y \in \mathbb{R}^m$ için mümkün olan en az sıfır olmayan öge içeren $f \in \mathbb{R}^N$ vektörünün geri çatım problemi (3.12)'deki gibi ifade edilebilir.

$$y = \Phi f \text{ 'yi sağlayan en az } \|f\|_0 \quad (3.12)$$

$\|f\|_0$, $f \in \mathbb{R}^N$ vektörünün l_0 normu olup sıfırdan farklı öğelerinin sayısına tekabül eder.

Geri dönüşüm için koymuş olduğumuz mevcut koşul herhangi bir gürültü ögesi içermediğinden, gürültü ögesi barındıracak şekilde ($\epsilon \geq 0$) güncellediğimizde geri çatım problemine ilişkin (3.13)'deki ifadeyi elde ederiz.

$$\|\Phi f - y\|_2 \leq \epsilon \text{ 'yi sağlayan en az } \|f\|_0 \quad (3.13)$$

Yukarıdaki her iki en iyileme probleminin çözümü de objektif fonksiyon l_0 dışbükey olmadığından NP-zordur [8, 43, 44]. Problemlerin l_2 normuna göre çözümü bize seyrek olmayan bir $f \in \mathbb{R}^N$ üreteceğı için tercih edilmez, fakat l_0 'ın dışbükey yaklaşımı olan l_1 normunun kullanımı problemi çözülebilir kılar.

$$y = \Phi f \text{ 'yi sağlar en az } \|f\|_1 \quad (3.14)$$

(3.14) doğrusal program olarak nitelenmektedir [45].

l_1 normuna dayalı en azlamanın seyrekliğı teşvik edici olduğunun bilinirliğı 1930'lara kadar uzanmaktadır [6, 46], bu problem dışbükey ya da doğrusal programlamayla çözülebilir [47], klasik diye niteleyebileceğimiz SÖ literatüründeki pek çok çalışmada bu yöntem kullanılmıştır [48-51], diğere yaklaşımlar; aç gözlü algoritmaların [52-62], dışbükey olmayan algoritmaların [63-65], ya da Derin Öğrenme (DÖ) modellerinin [66] kullanılmasıdır.

Aç gözlü algoritmalarla çözümde işaretin katsayılarına ve sıfır olmayan öğelerine yinelemeli olarak yaklaşılr, her yinelemede seyrek işaretin ölçüm verileriyle uyumsuzluğu göz önüne alındığında daha iyi bir tahmini gerçekleştirilir ya da bir yakınsama kriteri karşılanana kadar işaretin sıfır olmayan öğelerinin tahminine devam edilir. Söz konusu aç gözlü algoritmalara örnek olarak DEA algoritmasının [52] adımları aşağıda açıklandığı gibidir [6].

Bilinenler:

y ölçüm

Φ ölçüm matrisi

Değişkenler:

i yinelemenin kaçınıcı yineleme olduğunu gösterir sıra değeri

$\bar{f}_i$ i. yinelemede tahmin edilen geri çatılmış işaret

r_i y ile i. yinelemede tahmin edilen ölçüm arasındaki fark

Λ_i i. yinelemede Φ 'nin belirlenmiş önemli sütunlarının sıra dizisi

Başlangıç: $i=1, r_0=y, \bar{f}_0=0, \Lambda_0=\emptyset$

Döngüsel olarak durma kriteri karşılanana kadar listelenmiş adımlar yinelenir.

Birinci adım: Φ matrisinin önemli sütunu $\lambda_i^{\ddot{}}$ 'nin belirlenmesi. nemli sütun Φ matrisinin sütunlarından r_{i-1} ile mutlak korelasyonu en yüksek olanı işaret eder, (3.15)'de gösterildiği gibi bulunur.

$$\lambda_i^{\ddot{}} = \underset{j \notin \Lambda_{i-1}}{\text{argüman en çok}} \left| \langle \varphi_j, r_{i-1} \rangle \right| \quad (3.15)$$

İkinci adım: Sıra kümesine bulunan önemli sütunun sırasının eklenmesi (3.16)'da gösterildiği gibi gerçekleştirilir.

$$\Lambda_i = \Lambda_{i-1} \cup \{\lambda_i^{\ddot{}}\} \quad (3.16)$$

Λ_i i adet sıra içerir, böylece N yineleme neticesinde $\Lambda_N \Phi$ matrisinin bütün sütunlarını içermiş olur. İşaretin k seyrek olduğu varsayımıyla yinelemeyi k. adımda durdurmak mümkündür.

nc adım: İşaretin tahmin edilmesi

Φ_{Λ_i} matrisi Φ 'nın sadece Λ_i 'de işaret edilen sütunlarını içerir, böylelikle işaretin tahmini (3.17)'de gösterildiği gibidir;

$$\bar{f}_i(\Lambda_i) = \Phi_{\Lambda_i}^{\dagger} y, \bar{f}_i(\Lambda_i^c) = 0 \quad (3.17)$$

$\dagger$ sözde tersi gösterir

Dördüncü adım: Fark vektörünün hesaplanması (3.18)'de gösterilmiştir.

$$r_i = y - \Phi \bar{f}_i \quad (3.18)$$

Geri atımda D'nn kullanılması mümkündür, buna ilişkin yaklaşımlar iki gruba ayrılmaktadır; ilk grupta özel ağ mimarileriyle yinelemeli geri çatım algoritmalarını taklit eden yaklaşım yer almaktadır, diğer gruptaysa geleneksel en iyileme yaklaşımlarından etkilenmeden işaretin D ile doğrudan geri çatımı gerçekleştirilmektedir. D'ye dayalı yöntemlerin bilindik geri çatım yöntemlerine göre iki kata kadar daha hızlı sonuç verebilir olması, oldukça yüksek sıkıştırma oranlarında bile klasik diye nitelenebilecek yöntemlerden daha iyi geri çatım sağlaması D yaklaşımını S açısından dikkate değer kılmaktadır [66].

Öte yandan DÖ'nün barındırdığı yüksek sayıda ağ parametresi içerme, yüksek işlem yükü ve fazla miktarda eğitim verisine gereksinim duyulması hususları DÖ literatüründeki ilerlemeye paralel şekilde zaman içinde çözümlenebilecektir.



4. TEKİL DEĞER AYRIŞIMINA DAYALI ÖN KOŞULLAMA

Bir matris Tekil Değer Ayrışımı (TDA) neticesinde (4.1)'deki ifadede gösterilmiş olduğu gibi üç ayrı çarpan matrise ayrıştırılır [67]. 1800'lerin sonunda geliştirilen TDA'nın bilinen ilk ispatı bir matrise daha düşük sıralı bir matrisle yaklaşma problemi bağlamında yapılmış olup 1936 yılına tarihlenir [68].

$$\Phi = USV^* \quad (4.1)$$

*operatörü matrisinin eşlenik devriğine karşılık gelmektedir. Φ matrisinin öğelerinin reel sayı olduğu durumda eşlenik devrik operatörü devrik operatörüyle yer değiştirmektedir. $\Phi \in \mathbb{R}^{m \times N}$ olduğu durumda çarpan matrislerin özelliklerine göz atılacak olursa; $S \in \mathbb{R}^{m \times N}$ olup ve öğeleri Φ matrisinin tekil değerleridir, U matrisinin sütunları sol tekil vektörler olarak adlandırılır ve $U \in \mathbb{R}^{m \times m}$ 'dir, V matrisi $V \in \mathbb{R}^{N \times N}$ olup sütunları da sağ tekil vektörler olarak adlandırılır, ayrıca TDA'nın tanımı gereği I birim matrisi göstermek üzere, $UU^T = I_{m \times m}$ ve $VV^T = I_{N \times N}$ dir. Çarpan matrislerin her birinin ölçüm matrisi $\Phi \in \mathbb{R}^{m \times N}$ ile dönüşümdeki geometrik etkileri TDA'nın daha iyi anlaşılması bakımında önem taşır, bunlar sıralanacak olursa; S matrisi için tekil değerlerin sıfır olmadığı eksenlerde ölçekleme, U ve V matrisleri içinse eksenleri döndürme ve aynalama davranışları gözlenir [69].

TDA üzerindeki inceleme $\Phi \in \mathbb{R}^{m \times N}$ olan SÖ ölçüm matrisi üzerinden devam ettirilecek olursa, Φ bir kare matris olmadığı için S ve V çarpan matrisleri (4.2) ve (4.3)'deki gibi tanımlanabilir.

$$S = [S_1 \ 0], S_1 \in \mathbb{R}^{m \times m} \quad (4.2)$$

$$V = [V_1 \ V_2], V_1 \in \mathbb{R}^{N \times m}, V_2 \in \mathbb{R}^{N \times (N-m)} \quad (4.3)$$

Yukarıdaki açılımlara göre ölçüm matrisinin çarpanlara ayrılmasını yeniden düzenlenirse (4.4)'deki hali alır.

$$\Phi = U[S_1 \ 0][V_1 \ V_2]^T = US_1 V_1^T \text{ olur.} \quad (4.4)$$

SÖ ifadesi bu yeni gösterim için tekrar yazılacak olursa; $y = US_1 V_1^T f$, $y \in \mathbb{R}^m$ halini alır. Şu durumdaki eşitliğin her iki yanını soldan $(US_1)^{-1}$ ile çarpıldığında $(US_1)^{-1}y = V_1^T f$ 'dir.

$y_{TDA} = (US_1)^{-1}y$ ve $\Phi_{TDA} = V_1^T$ tanımlarıyla birlikte SÖ ifadesi $y_{TDA} = \Phi_{TDA} f$ olarak yazılabilir.

Zhang [13]'ın çalışmasında ortaya koymuş olduğu TDA Tabanlı Dik Eşleme Arayış algoritması yukarıda tanımlanmış TDA'ya dayalı SÖ eşitliğini temel alan bir yaklaşım olup aynı çalışma kapsamında DEA [52], Düzenlenmiş Dik Eşleme Arayış [70] ve Sıkıştırılabilir Örnekleme Eşleme Arayış [61] algoritmalarına göre daha başarılı olduğu deneysel olarak gözlemlenmiştir. Söz konusu çalışma TDA tabanlı yaklaşımın diğerlerine göre neden daha başarılı olduğuna dair analitik bir gerekçelendirme içermemekte olup, söz konusu farkın SÖ teorisi bağlamında analitik gerekçelendirilmesinin ortaya konması bu tezde ele alınan ilk problemidir.

SÖ bahsinde anlatılmış olduğu gibi seyreklik katsayısı k 'nın yüksek olasılıkla geri çatılabilirlik güvencesindeki değerlerinin belirlenebileceği SUÖ ya da KEÖÖ mevcut olmakla birlikte bunların hesaplanmaları NP karmaşıktır, öte yandan k değeri uyuma bağlı olarak üstten sınırlıdır ve k değerinin kullanılan ölçüm matrisinin özelliklerine bağlı olarak kayıpsız geri çatılabilirlik için belirlenmesinde uyuma dayalı üst sınırın değişimi yol gösterici olabilir. Söz konusu eşitsizlik göz önüne alındığında Φ matrisinin uyumunu düşürdüğümüz takdirde kayıpsız geri çatım üst sınırını daha yukarıya çekmek mümkündür.

Kayıpsız geri çatım yetkinliğindeki bir Φ matrisinin uyumunu daha da düşürmek için izlenebilecek bir yaklaşım, söz konusu Φ matrisinin belirli bir G matrisiyle soldan çarpılarak ön koşullanmasıdır [71]. ÖK yaklaşımını, SÖ'nün tanımlanmış olduğu eksik belirtilmiş doğrusal sistem üzerinde ilerletecek olursak, (4.5)'deki eşitlik elde edilir.

$$Gy = G\Phi f \Rightarrow y_{\text{ÖK}} = G\Phi f \quad (4.5)$$

G matrisi tersinir olduğu takdirde SÖ için ortaya konan her iki ifade de eşittir. Böylelikle SÖ için daha önce tariflenmiş eniyileme problemini (4.6)'daki gibi güncellemek mümkün olur, yeni problemin çözümü aynı zamanda SÖ için tanımlanmış önceki eniyileme probleminin de çözümüdür [12].

$$y_{\text{ÖK}} = G\Phi f \text{ 'yi sağlar en az } \|f\|_0 \quad (4.6)$$

Φ_{TDA} matrisinin uyumunun Φ matrisinin uyumundan daha küçük kalacağının ön koşullama yaklaşımına dayalı olarak ispatlanabilmesi için öncelikle Φ_{TDA} matrisinin Φ matrisinden ön koşullamayla elde edilebileceğinin gösterilmesi gerekir, bu bağlamda Φ_{TDA} 'nın V_1^T olduğu göz önüne alınarak Φ matrisinin TDA gösterimi (4.8)'deki gibi yazılabilir.

$$\Phi = US_1 V_1^T = US_1 \Phi_{\text{TDA}} \Rightarrow (US_1)^{-1} \Phi = (US_1)^{-1} US_1 \Phi_{\text{TDA}} = \Phi_{\text{TDA}} \quad (4.7)$$

$$\Phi_{\text{TDA}} = (US_1)^{-1} \Phi \quad (4.8)$$

Yukarıdaki eşitlikten görüleceği gibi ön koşullama matrisi G 'nin $(US_1)^{-1}$ olarak seçilmesi durumunda Φ_{TDA} matrisinin Φ matrisinden ön koşullamayla eldesi mümkündür, bu şekilde ön koşullama TDA-ÖK olarak adlandırılacaktır.

Φ_{TDA} matrisiyle Φ matrisi arasındaki ön koşullamaya dayalı ilişki tanımlanmış olup, ön koşullama işleminin neticesinde uyum değerinin azalarak k seyreklik değerinin üst sınırını yukarıya çekebileceğinin ispatına geçmeden önce ispatın izlenmesinde kolaylık sağlayacak iki hususun belirtilmesi gerekir; ilki S_1 'in köşegen bir matris olduğu ve tekil değerlerin köşegende büyükten küçüğe $s_1 \geq s_2 \geq \dots \geq s_m \geq 0$ şeklinde sıralandığı, ikincisi de V_1 matrisinin i . satırının $v_i^{(1)}$ olarak gösterilebileceğidir, bu bağlamda Φ matrisinin i . sütunu φ_i (4.9)'daki gibi bulunabilir.

$$\varphi_i = US_1 v_i^{(1)T} \quad (4.9)$$

Ölçüm matrisi boyut özelliklerinde ve gösterilmiş pozitif sınırlı tekil değerlere sahip Gauss ve Bernoulli matrisleri için (4.10), (4.11) ve (4.12)'de sırasıyla tanımlı O_1 (Φ matrisinin KEÖÖ'yü sağlaması), O_2 (Φ 'nin uyumunun pozitif ve 1'den küçük bir ε sayısından küçük olması) ve O_3 (Φ_{TDA} matrisinin uyumunun pozitif ve 1'den küçük bir ε sayısından küçük olması) olayları göz önüne alındığında, ayrı ayrı O_2 ve O_3 olaylarının O_1 ile birlikte gerçekleşme olasılıkları karşılaştırılarak (O^c olayın tümleyenini belirtir) salt ÖK için literatürde yapılmış olana benzer şekilde [71] TDA-ÖK'nin uyumu düşürücü etkisi ortaya konabilir.

$$O_1 = \{(1-\delta)\|f\|_2^2 \leq \|\Phi f\|_2^2 \leq (1+\delta)\|f\|_2^2, \exists \delta \in (0,1)\} \quad (4.10)$$

$$O_2 = \{\mu(\Phi) \leq \varepsilon, \varepsilon \in (0,1)\} \quad (4.11)$$

$$O_3 = \{\mu(\Phi_{TDA}) \leq \varepsilon, \varepsilon \in (0,1)\} \quad (4.12)$$

$$P\{O_1 \cap O_2\} = P\{O_1\} - P\{O_1 \cap O_2^c\} \quad (4.13)$$

$$P\{O_1 \cap O_3\} = P\{O_1\} - P\{O_1 \cap O_3^c\} \quad (4.14)$$

$\mu(\Phi)$ 'nin daha önce yapılmış tanımını göz önüne aldığımızda, $\left| \langle \varphi_i, \varphi_j \rangle \right|_{i \neq j}$ 'nin belirlenecek üst sınırı $\mu(\Phi)$ 'nin de üst sınırı olacaktır. φ_i ve φ_j Φ matrisinin farklı iki sütunu olmak üzere $\left| \langle \varphi_i, \varphi_j \rangle \right|_{i \neq j}$ (4.15)'de gösterildiği gibi bulunur.

$$\left| \langle \varphi_i, \varphi_j \rangle \right|_{i \neq j} = \left| \left(US_1 v_i^{(1)T} \right)^T \left(US_1 v_j^{(1)T} \right) \right| = \left| v_i^{(1)T} S_1^{-2} v_j^{(1)T} \right| \quad (4.15)$$

Benzer şekilde $G\Phi$ matrisinin uyumunun üst sınırını incelemek için birbirinden farklı i ve j sütunları için $\frac{|\langle G\phi_i, G\phi_j \rangle|}{\|G\phi_i\|_2 \|G\phi_j\|_2}$,nın hesaplanmasından yola çıkabiliriz; $G\Phi$ matrisinin i . sütunu $G=(US_1)^{-1}$ için $v_i^{(1)T}$ olur, buna göre

$$\frac{|\langle G\phi_i, G\phi_j \rangle|}{\|G\phi_i\|_2 \|G\phi_j\|_2} = \frac{|\langle v_i^{(1)T}, v_j^{(1)T} \rangle|}{\|v_i^{(1)}\|_2 \|v_j^{(1)}\|_2} \triangleq u_{\Phi_{TDA}} \text{ 'dir.} \quad (4.16)$$

Üst sınırların tanımlaması için Wielandt eşitsizliğinden [72] türetilmiş sonuçlardan yararlanılacaktır. Genelleştirilmiş hali aşağıda sunulmuş olan Wielandt eşitsizliği $\mathbb{C}^n$ 'de tanımlı tersinir bir matris dönüşümü neticesinde açılarının ne kadar değişeceğini göstermektedir.

Genelleştirilmiş Wielandt Eşitsizliği [73]: B tersinir bir $n \times n$ matris olsun. $K(B)$, B matrisinin durum numarasını göstermek üzere, eğer $f, g \in \mathbb{C}^n$ ve $\Gamma, \Psi \in [0, \pi/2]$ ise

$$|f^* g| \leq \|f\| \|g\| \cos \Gamma \text{ ve } \cot(\Psi/2) = K(B) \cot(\Gamma/2) \text{ sağlanır öyle ki} \quad (4.17)$$

$$|(Bf)^*(Bg)| \leq \|Bf\| \|Bg\| \cos \Psi \quad (4.18)$$

Eşitsizliğin genelleştirilmiş halinde yer alan açılar iki vektörün arasında kalan açılar olmayıp karmaşık çizgiler arasındaki açılara karşılık düşer, Wielandt eşitsizliğini elimizdeki problemin çözümü için kullanılabilecek duruma dönüştüren Lin and Sinnamon [73]'ün çalışmasında yer alan Teorem 2.6'dır. Söz konusu teorem ve teoremi tamamlayan öncesinde yer alan tanımlamalar aşağıda sunulmuştur.

Varsayalım ki V basit olmayan reel ya da kompleks bir vektör uzayı olsun. $\langle \cdot, \cdot \rangle_I$ ve $\langle \cdot, \cdot \rangle_{II}$ V 'de iki iç çarpım ve $\|v\|_I = \sqrt{\langle v, v \rangle_I}$, $\|v\|_{II} = \sqrt{\langle v, v \rangle_{II}}$ iken h, V_h, H, V_H, E_1 ve E_2 sırasıyla (4.19), (4.20) ve (4.21)'deki gibi tanımlanır [73].

$$h = \inf_{0 \neq v \in V} \|v\|_{II} / \|v\|_I, V_h = \{v \in V : \|v\|_{II} = h \|v\|_I\} \quad (4.19)$$

$$H = \sup_{0 \neq v \in V} \|v\|_{II} / \|v\|_I, V_H = \{v \in V : \|v\|_{II} = H \|v\|_I\} \quad (4.20)$$

$$E = E_j = \left\{ (u, v) : \frac{u}{\|u\|_j} + \frac{v}{\|v\|_j} \in V_h, \frac{u}{\|u\|_j} - \frac{v}{\|v\|_j} \in V_H \right\} \quad (4.21)$$

Teorem 2.6 [73]: $V \langle \cdot, \cdot \rangle_I$ ve $\langle \cdot, \cdot \rangle_{II}$ iç çarpımlarına sahip reel ya da kompleks bir vektör uzayı olsun. (4.19), (4.20) ve (4.21)'deki tanımlamaların kabulüyle, V 'de tanımlı bağımsız u ve v vektörleri için Γ ve Ψ $0 \leq \Gamma \leq \pi/2$ ve $0 \leq \Psi \leq \pi/2$ olarak tanımlı,

$$\cos \Gamma = \frac{|\langle u, v \rangle_I|}{\|u\|_I \|v\|_I} \text{ ve } \cos \Psi = \frac{|\langle u, v \rangle_{II}|}{\|u\|_{II} \|v\|_{II}} \text{ iken,} \quad (4.22)$$

$$(h/H) \tan(\Gamma/2) \leq \tan(\Psi/2) \leq (H/h) \tan(\Gamma/2) \text{ dir.} \quad (4.23)$$

$X = (H^2 - h^2)/(H^2 + h^2)$ olmak üzere (4.23)'deki eşitsizlik kosinüsler kullanılarak şöyle yazılabilir;

$$\frac{-X + \cos \Gamma}{1 - X \cos \Gamma} \leq \cos \Psi \leq \frac{X + \cos \Gamma}{1 + X \cos \Gamma} \quad (4.24)$$

Tersinir bir B matrisinin durum numarası $K(B) = \|B\| \|B^{-1}\|$ olup, (4.19), (4.20) ve (4.21)'de yapılmış tanımlara göre $H = \|B\|$ ve $1/h = \|B^{-1}\|$ 'dir, buna göre $K(B) = H/h$ olarak bulunur. X 'in $K(B)$ cinsinden gösterimi $X = (K(B)^2 - 1)/(K(B)^2 + 1)$ dir.

Teorem 2.6'da sunulmuş eşitsizliğin kosinüsler kullanılmış halini $|\langle \varphi_i, \varphi_j \rangle|_{i \neq j}$ ifadesi üzerinde uyguladığımız takdirde (4.25)'deki eşitsizlik elde edilir.

$$|\langle \varphi_i, \varphi_j \rangle|_{i \neq j} = |v_i^{(1)} S_1^{-2} v_j^{(1)T}| \leq \frac{X + \cos \Gamma}{1 + X \cos \Gamma} \quad (4.25)$$

$$\cos \Gamma = |\langle v_i^{(1)T}, v_j^{(1)T} \rangle| / (\|v_i^{(1)}\|_2 \|v_j^{(1)}\|_2) \quad (4.26)$$

Pozitif tanımlı Hermityen S_1^{-2} matrisi için durum numarası $K(S_1^{-2}) = s_1^2/s_m^2$ olup $X = \frac{s_1^2 - s_m^2}{s_1^2 + s_m^2}$ 'dir. Bu bilgilerle (4.25)'deki eşitsizliği güncelleyecek olursak (4.28)'deki sonuca ulaşılır.

$$S_v = \frac{s_1^2 - s_m^2}{s_1^2 + s_m^2} + \frac{|\langle v_i^{(1)T}, v_j^{(1)T} \rangle|}{\|v_i^{(1)}\|_2 \|v_j^{(1)}\|_2} \quad (4.27)$$

$$|\langle \varphi_i, \varphi_j \rangle|_{i \neq j} \leq (S_v)(1 + S_v)^{-1} \triangleq u_\Phi \quad (4.28)$$

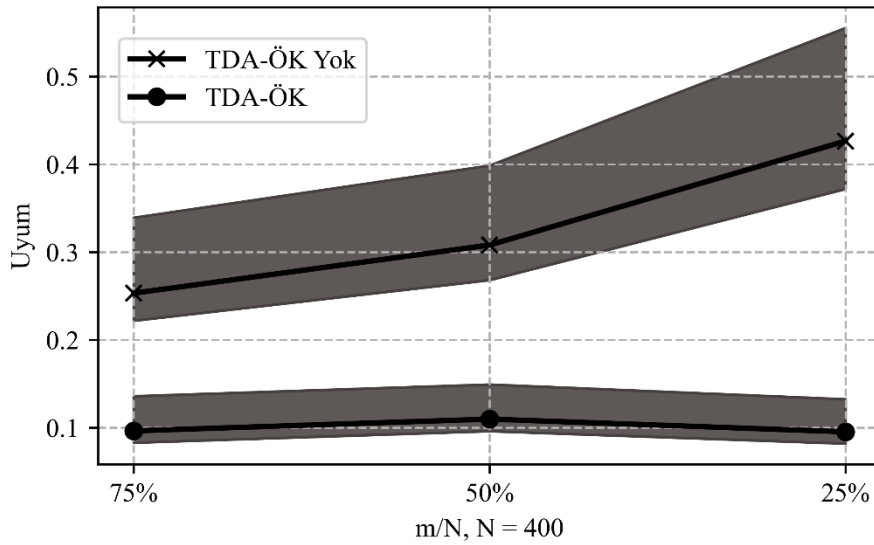
u_Φ ve $u_{\Phi_{TDA}}$ 'nin tanımlarını göz önüne aldığımızda $u_{\Phi_{TDA}} \leq u_\Phi$ 'dir.

$$P\{O_1 \cap O_2^c\} \leq N(N-1)P\{\varepsilon \leq u_\Phi\} \quad (4.29)$$

$$P\{O_1 \cap O_3^c\} \leq N(N-1)P\{\varepsilon \leq u_{\Phi_{TDA}}\} \quad (4.30)$$

$u_{\Phi_{TDA}} \leq u_{\Phi}$ olduğundan $P\{\mu(\Phi_{TDA}) \leq \varepsilon\}$ olasılığı için $P\{\mu(\Phi) \leq \varepsilon\}$ olasılığından ($\varepsilon \in (0,1)$) daha iyi bir alt sınır tanımlayabildiğimizden TDA-ÖK uygulanmış matrisin uyumu uygulanmamış matrisin uyumundan daha düşüktür.

TDA-ÖK'nın yapılan ispata uygun davranış gösterdiğini belirlemek için Gauss dağılımlı matrisler üzerinde Monte Carlo (MC) benzetimiyle uyum değeri ölçümü yapılmıştır. Gerçekleştirilen benzetimde 400 boyutlu giriş uzayı için incelenen her bir m/N oranında (%25, %50 ve %75 olmak üzere) 10.000 adet Gauss dağılımlı matris üretilip, bu matrislerin TDA-ÖK ile ön koşullanmış ve ön koşullanmamış uyum değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların grafikleri ölçülen uyumun medyan değeri doğrusal gösterilmiş olarak en büyük ve en küçük uyum değer bandında aşağıda sunulmaktadır (Şekil 4.1.). Grafiklerden görüldüğü gibi m/N oranı ile TDA-ÖK uygulanmamış matrislerin uyum değerleri arasında negatif bir korelasyon mevcuttur, boyut sayısındaki azalmaya ters orantılı olarak artan uyum değeri (3.11)'deki bağıntıdan da görüleceği gibi k -seyreklik üst sınırını aşağıya çekmektedir, TDA ÖK uygulandığında uyum değeri dolayısıyla da k -seyreklik üst sınırı yaklaşık olarak aynı kalabilmektedir.



Şekil 4.1. TDA-ÖK Yok (-x-) ve TDA-ÖK durumlarında (-●-) $N=400$ olmak üzere %75, %50 ve %25 m/N oranları için Gauss dağılımlı matrislerin uyum değişimi

TDA ÖK'nın etkisini incelemek için izlediğimiz bir diğer yaklaşım da TDA ÖK etkisiyle KEÖÖ (izometri sabiti) değerindeki değişimin gözlenmesidir. Bunun için Pope [74]'nin çalışmasında yer alan MC benzetimi temel alınarak, TDA ÖK uygulanmış ve

uygulanmamış matrislerin KEÖÖ değerleri hesaplanmış olup, Şekil 4.2.'de KEÖÖ medyan değeri doğrusal olarak en küçük ve en büyük KEÖÖ değer bandında sunulmaktadır.

Pope [74]'nin çalışmasında yer alan MC benzetiminin ayrıntılandırılması için önce gerekli tanımlar yapılacak daha sonra da yöntemin ayrıntıları sunulacaktır. Söz konusu çalışmada yer alan Önsav 3.3, izometri sabiti ile ölçüm matrisinin arasındaki ilişkiyi göstermesi bağlamında daha sonra anlatılacaklara temel teşkil etmektedir.

Önsav 3.3 [74]: Varsayalım ki $\Phi \in \mathbb{R}^{m \times N}$ matrisi KEÖÖ'yü k mertebesi ve δ_k sabitiyle sağlıyor olsun. Bu durumda herhangi sıra dizisi Λ için $|\Lambda| \leq k$ olmak üzere Φ_Λ 'nın tekil değerleri $[\sqrt{1-\delta_k}, \sqrt{1+\delta_k}]$ aralığında kalır. Ayrıca $\Phi_\Lambda^T \Phi_\Lambda - I$ 'nın özdeğerleri de $[-\delta_k, \delta_k]$ aralığında yer alır.

Φ_Λ matrisinin en büyük özdeğeri $\bar{o}_{eb}$ ve en küçük öz değeri de $\bar{o}_{ek}$ olmak üzere, Φ_Λ için KEÖÖ'ye dayalı olarak (4.31)'deki eşitsizlik yazılabilir.

$$(1-\delta_k) \leq \bar{o}_{ek} \leq \frac{\|\Phi_\Lambda f\|_2^2}{\|f\|_2^2} \leq \bar{o}_{eb} \leq (1+\delta_k) \quad (4.31)$$

Doğrudan izometri sabitinin hesaplanması $O(N^k)$ karmaşıklıkta olup [74], bu hesabın yerine MC yöntemiyle izometri sabitine bir alt sınır getirmek mümkündür, bunun için aşağıdaki algoritmanın uygulanması yeterlidir.

Algoritma 8.1 [74]: KEÖÖ katsayısı için MC yöntemi

Girdiler $\Phi \in \mathbb{R}^{m \times N}$: ölçüm matrisi ve k seyreklik katsayısı

Çıktı: δ_k seyreklik katsayısı için alt sınır.

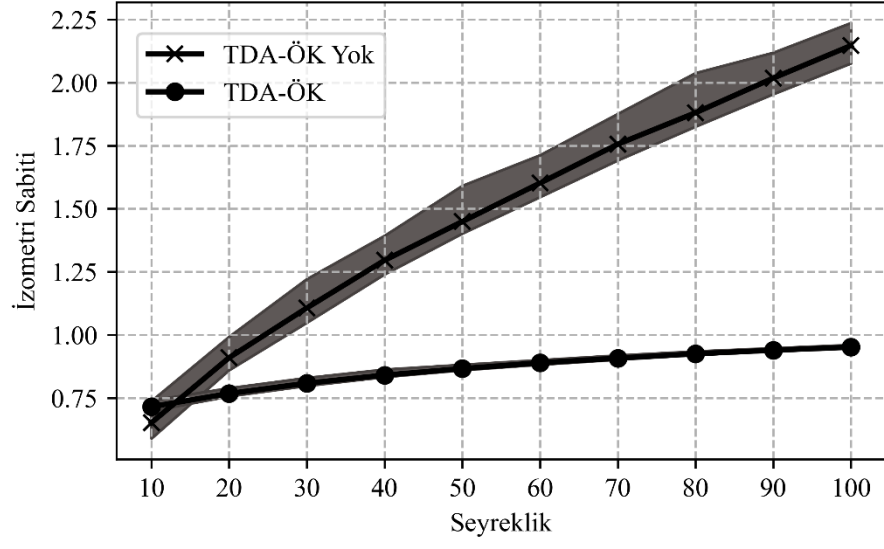
Başlangıç: $\delta_k = 0$

Döngüsel olarak durma kriteri karşılanana kadar listelenmiş adımlar yinelenir.

Birinci adım: Λ kümesi Φ 'nin sütunlarından eşit ve rasgele seçilir.

İkinci adım: $\delta_k = \text{EnBüyük} \{ \delta_k, \bar{o}_{eb} - 1, 1 - \bar{o}_{ek} \}$

Algoritmanın uygulanmasıyla gerçekleştirilen benzetimlerde $N=400$, $m=200$ seçilmiş olup, 10 farklı seyreklik değerinin her biri için 100 rastgele Gauss matris üretilerek bu matrisler üzerinde 10.000 defa sütun permütasyonu yapılmıştır. Şekil 4.2.'den görüleceği gibi TDA-ÖK uygulanmamış matrislerde izometri sabiti alt sınırı artan seyreklikle birlikte neredeyse doğrusal artmakla olup TDA-ÖK uygulanmış matrislerde söz konusu değişim gittikçe azalan miktarlarda gerçekleşmektedir. Aynı seyreklik değerlerinde TDA-ÖK uygulandığında KEÖÖ'de iyileşme gözlenmektedir, bu Zhang [13]'in çalışmasındaki deneysel bulguları da destekler niteliktedir.



Şekil 4.2. Gauss dağılımlı matrisler için TDA-ÖK uygulanmış (-●-) ve uygulanmamış (-x-) durumlarda izometri sabitinin alt sınırının değişimi.

5. SINIFLAMA

SÖ bahsinde Shannon'un örnekleme teoreminde öngörülenden daha az sayıda örnekle işaretin gösteriminin mümkün olduğu ortaya konulmuştu, söz konusu düşük boyutlu işaretlerin orijinal işaret yerine kullanılabilecekleri alanlardan birisi de sınıflama olduğu için [75] bu çalışmadaki yeniliklerden birisi de analitik olarak sıkıştırılmalı örneklenmiş işaretin geri çatımına olumlu katkısı gösterilmiş tekil değer ayrışımına dayalı ön koşullama yaklaşımının temel sınıflayıcılar kullanılarak sınıflama üzerindeki etkisinin deneysel incelenmesidir. Bu sebeple öncelikle sınıflama kavramının ve bu çalışmada yararlanılan sınıflayıcıların teorik detaylandırılması yapılacaktır daha sonra bu teorik detaylandırma sıkıştırılmalı sınıflama kavramı yaklaşımlarını kapsayacak şekilde genişletilecektir.

Elimizdeki f vektörlerinin mevcut S_s adet sınıftan birisine ait olduğu varsayımına dayanarak (eğer bunlardan birine ait olmamasının mümkün olduğunu düşünecek olursak problem açık küme sınıflama kavramına dönüşür) sınıflayıcımız H_s 'nin bir M metriği kullanarak karar ürettiğini ortaya koyduğumuz en genel hali (5.1)'deki gibidir.

$$H_s(f) = \left\{ \Omega_j : J = \underset{1 \leq j \leq S_s}{\text{argüman en çok}} M(f, \Omega_j) \right\} \quad (5.1)$$

Bu çalışmada sınıflama için pratikte yaygın kullanımları [76] göz önüne alınarak EYKK, DVM ve RO metotları seçilmiş olup bu bölümde her üç sınıflayıcı sırasıyla ayrıntılandırılacaktır.

5.1. En Yakın K-Komşuluk

Bu sınıflama yöntemi, adında da belirtilmiş olduğu gibi elimizdeki bir f vektörünün ait olduğu sınıfın belirlenmesinde söz konusu vektörün en yakın K komşusunun ait olduğu sınıf kullanılmaktadır. Elimizde M adet (f_i, Ω_j) ($i, j \in \mathbb{Z}^+$, $1 \leq i \leq M$, $1 \leq j \leq S_s$) ile gösterilen vektör ve ait olduğu sınıf etiketi çifti olsun. Seçimlik bir K sayısı için f vektörüne en yakın K vektörün belirlenmesi yöntemin birinci basamağını oluşturmaktadır. Yakınlık ölçümü için bir metrik seçimi gereklidir, literatürde bu amaç için işaret edilen iki vektör arası mesafe ölçüm yaklaşımlarından bazıları Öklid, Chebychev, Minkowsky, Manhattan, Camberra, Kendal'ın Sıralama Korelasyonu'dur [77]. Söz konusu yakınlık ölçüm yöntemlerinden birisi

tercih edilerek belirlenmiş K vektörün sınıfları sayılıp en yüksek sayıdaki sınıf elimizdeki f vektörünün ait olduğu sınıf olarak belirlenir.

K en yakın komşuluğun sınıflama başarımının iyi olmasının gerekliliği şöyle bir akıl yürütmeye doğrulanabilir; $K=1$ durumunu göz önüne alacak olursak, en yakın komşuya atanan J sınıf etiketi bir rasgele değişkendir, f vektörünün sınıf aidiyeti için $J=\Omega_i$ durumunun gerçekleşme olasılığı $P(\Omega_i/f)$ 'dir. Elimizde çok fazla sayıda vektör olduğunu varsayacak olursak, en yakın f vektörü için $P(\Omega'/f) \cong P(\Omega_i/f)$ olacaktır [78]. Bu genel olarak benzer özellikteki vektörlerin birbirlerine yakın olmasının bekleneyeceği şeklinde nitelenebilir [79]. $K=K'$ durumunda, Ω_i kararını vermek için elimizdeki K' adet en yakın vektörünün çoğunluğunun Ω_i sınıfına ait olarak işaretlenmiş olması gerekir, bunun gerçekleşme olasılığı iki sınıflı durumda (5.2)'deki gibi hesaplanır [78].

$$\sum_{j=\frac{(K'+1)}{2}}^{K'} \binom{K'}{j} P(\Omega_i/f)^j [1-P(\Omega_i/f)]^{j-1} \quad (5.2)$$

Sınıflamadaki hata durumunu incelemek için yine önce $K = 1$ durumundan yola çıkılacak olursa, e hatayı göstermek üzere $P(e/f)$ koşullu olasılığının elimizde sonsuz örnek olduğu varsayımına göre $P(e)$ genel hata olasılığı (5.3)'deki şekilde bulunur;

$$P(e) = \int P(e/f) p(f) df \quad (5.3)$$

Ω_i kararının doğru tercih olması durumunda $P^*(e/f)$ hata oranı $P(e/f)$ 'nin alabileceği en küçük değerdir ve (5.4)'deki gibi hesaplanır:

$$P^*(e/f) = 1 - P(\Omega_i/f) \quad (5.4)$$

Söz konusu en küçük değer kullanarak $P(e)$ 'nin alabileceği en az değer olan P^* (5.5)'deki gibi hesaplanır:

$$P^* = \int P^*(e/f) p(f) df \quad (5.5)$$

Elimizde sonsuz adet örnek olması durumunda $K = 1$ için hata oranı (4.6)'daki aralıkta sınırlıdır [76].

$$P^* \leq P \leq P^* \left(2 - \frac{c}{c-1} P^* \right) \quad (5.6)$$

İki sınıflı sınıflama problemi için $K = K'$ durumundaki hata oranıysa (5.7)'deki ifadeyle üstten sınırlı olur [78].

$$\sum_{j=\frac{(K'+1)}{2}}^{K'} \binom{K'}{j} \left[(P^*)^{j+1} (1-P^*)^{K'-j} + (P^*)^{K'-j} (1-P^*)^{j+1} \right]^{j-1} \quad (5.7)$$

Sınıflayıcı elde sonsuz örnek bulunduğu durumda en iyi başarımı gösterir [78]. Diğer yandan bu sınıflayıcının çalışma modeli göz önüne alındığında tüm örneklerin saklanması gereksinimi bellek ihtiyacının fazla olmasına sebep olduğu gibi eldeki söz konusu fazla örnek sınıflama neticesinin eldesinin de süresini uzatır [77].

Üzerinde durulması gereken bir diğer husus da elimizdeki vektörlerin boyuna dairdir, söz konusu boyutun yüksek olması literatürde boyutluluğun laneti olarak tanımlanan duruma yol açar [80]. En yakın komşuluk yaklaşımında boyutluluk ele alındığında aşağıdaki teoremlerle ifade edildiği gibi boyut sayısı arttığında en yakındaki örneğe olan uzaklıkla en uzaktaki örneğe olan uzaklık arasındaki fark ortadan kaybolmaktadır [81].

Teorem:

Teorem için tanımlar;

m boyut sayısı, $m \in \mathbb{Z}^+$

$F_{\text{veri}_1}, F_{\text{veri}_2}, \dots$ veri dağılım dizisi ve $F_{\text{sorgu}_1}, F_{\text{sorgu}_2}, \dots$ sorgu dağılım dizisi

n her dağılımdan alınan örnek sayısı (sabit)

$i \in \mathbb{Z}^+$ ve $i \in [1, n]$ olmak üzere bir değişken

$\forall m$ için $P_{m,1}, \dots, P_{m,n}$ n adet bağımsız veri vektörü öyle ki $P_{m,i} \sim F_{\text{veri}_m}$

$S_m \sim F_{\text{sorgu}_m}$ tüm $P_{m,i}$ 'lerden bağımsız seçilen sorgu vektörü

$1 < p < \infty$ bir sabit

$\forall m$ için $u_m(P_{m,i}, S_m)$, $P_{m,i}$ ve S_m arasındaki uzaklığı gösterir metrik.

$\text{EnBüyükUzaklık}_m = \max \{u_m(P_{m,i}, S_m)\}$

$\text{EnKüçükUzaklık}_m = \min \{u_m(P_{m,i}, S_m)\}$

Teoremin ifadesi;

Yapılmış tanımlar bağlamında, eğer $\lim_{m \rightarrow \infty} \text{değ} \left(\frac{u_m(P_{m,1}, S_m)^p}{E[u_m(P_{m,1}, S_m)^p]} \right) = 0$ ise,

$\forall \varepsilon > 0$ için $\lim_{m \rightarrow \infty} P[\text{EnBüyükUzaklık}_m \leq (1+\varepsilon)\text{EnKüçükUzaklık}_m] = 1$ 'dir.

5.2. Destek Vektör Makineleri

DVM teorik olarak 70'lerde ortaya konmuş olmakla birlikte [82] 90'larda sınıflayıcı olarak popüler hale gelmiştir. 90'lardaki söz konusu uygulamalara örnek olarak konuşmacı tanıma [83], ayırık el yazısı tanıma [84], metin sınıflandırma [85], nesne tanıma [86] ve yüz tanıma [87] verilebilir. DVM'nin genelleme başarımı makine öğrenmesi çerçevesindeki yöntemlerle karşılaştırıldığında ya onlara denk ya da daha iyidir, fakat bunun yanında test safhasında yavaştır [88].

Elimizde M adet m boyutlu vektör ve her bir vektörün elimizdeki S adet sınıftan hangisine ait olduğu bilgisi çiftleri (f_i, Ω_i) mevcut olsun, söz konusu verinin seçimine (bağımsız seçilmiş ve özdeşçe dağılmış) ilişkin ayrıntısı bilinmeyen bir $P(f, \Omega)$ dağılım fonksiyonunun mevcut olduğu varsayılabilir. Sınıflayıcının kendisine verilen bilgi ve içerdiği parametre kümesi α kullanılarak bulunacak muhtemel $f \rightarrow g(f, \alpha)$ eşleşmeleriyle ($g(f, \alpha)$ sınıflama fonksiyonu) tanımlandığını kabul ettiğimizde, test hatasının beklenen değeri $L(\Omega, g(f, \alpha))$, kayıp fonksiyonunu, göstermek üzere (5.8)'deki gibi olur [88];

$$R(\alpha) = \int L(\Omega, g(f, \alpha)) dP(f, \Omega) \quad (5.8)$$

$R(\alpha)$ beklenen risk ya da sadece risk olarak adlandırılır. Elimizdeki mevcut örnekler üzerinden ölçülen ortalama hata oranıysa ampirik risk olarak adlandırılır ve (5.9)'daki gibi bulunur;

$$R_{\text{ampirik}}(\alpha) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M L(\Omega_i, g(f_i, \alpha)) \quad (5.9)$$

$L(\Omega_i, g(f_i, \alpha)) \in \{0, 1\}$, $(1-\eta)$ güvenilirliği, h_b ise Vapnik ve Chervonenkis (VC) boyutunu göstermek üzere $0 \leq \eta \leq 1$ iken risk için (5.10)'daki gibi bir üst sınır eşitsizliği tanımlanır.

$$R(\alpha) \leq R_{\text{ampirik}}(\alpha) + \sqrt{\left(\frac{h_b (\log(2M/h_b) + 1) - \log(\eta/4)}{M} \right)} \quad (5.10)$$

VC boyutu $g(f, \alpha)$ fonksiyon kümesince bir uzayda tüm muhtemel şekillerde ayrıştırılabilecek en çok nokta sayısına karşılık gelir, örneğin n boyutlu bir uzayda hiper düzlemlerle söz konusu şekilde ayrılabilen nokta sayısı $n+1$ 'dir [88].

Elimizde iki sınıfa ait toplam M adet doğrusal olarak ayrıştırılabilecek vektör olduğunu varsayarsak, bu eğitim kümesi üzerinden tanımlanacak sınıflayıcının karar fonksiyonu (5.11)'deki gibidir;

$$g(f)=\text{sign}(\langle \mu^{(n)}, f \rangle + b) \quad (5.11)$$

$\mu^{(n)}$ eğitim kümesi vektörlerini ayıran hiper düzlemin normal vektörü, b ise kesimidir. Sınıflayıcımızın nasıl en iyileştirilebileceğinin tartışması öncesi elimizdeki vektörler ve ayıran hiper düzlemin ilişkilendirilmesine yönelik tanımlar yapılmalıdır. Bir f vektörünün $\mu^{(n)}$ ve b ile tanımlı $\pi(\mu^{(n)}, b)$ hiper düzlemine yönlü uzaklığı (5.12)'deki gibi hesaplanır.

$$u(f, \pi) = \frac{\langle \mu^{(n)}, f \rangle + b}{\|\mu^{(n)}\|} \quad (5.12)$$

Uzaklığın yönlü olmasından kasıt $f \in (\mathbb{R}^m)_\pi^+$ iken $u(f, \pi) > 0$ ve $f \in (\mathbb{R}^m)_\pi^-$ iken $u(f, \pi) < 0$ olmasıdır. Bir sınıfın ayıran hiper düzleme uzaklığı eğitim kümesinde o sınıfa ait vektörlerin hiper düzleme ölçülen uzaklıklarından en küçük olanıdır. Bu tanımlardan yararlanarak elimizdeki iki sınıf için marjin tanımını hiper düzlemin her iki sınıfa uzaklıklarının toplamı olarak yapabiliriz, marjin iki sınıfın birbirine olan uzaklıklarından küçük ya da bu uzaklığa eşit olabilir. Marjinin büyük olması tahminlemenin eğitim kümesinde güvenilir, test kümesinde daha önce görülmemiş örnekler içinse doğruluklu olmasını sağlar [89]. Marjinin tanımından yola çıkarak en büyük marjinin eldesi için normal vektörün normunun en küçük kılınması gerektiği söylenir. Yapılmış tanımlar doğrultusunda doğrusal ayrılabilir iki sınıfı (C_1 ve C_2) en büyük marjinle ayıran $\pi(\mu^{(n)}, b)$ hiper düzleminin belirlenmesine yönelik en iyileme problemi (5.13), (5.14) ve (5.15)'deki gibi tanımlanır [90];

$$\frac{1}{2} \|\mu^{(n)}\|^2 \rightarrow \text{EnKüçük}_{\mu^{(n)}, b} \quad (5.13)$$

$$\langle \mu^{(n)}, f \rangle + b \geq 1, f \in C_1 \quad (5.14)$$

$$\langle \mu^{(n)}, f \rangle + b \leq -1, f \in C_2 \quad (5.15)$$

Problemin çözümünü kolaylaştıracak dual problemin tanımı ise (5.16) ve (5.17) de sunulduğu gibidir;

$y_i = 1, f \in C_1$ ve $y_i = -1, f \in C_2$ olsun

$$\sum_{i=1}^M \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \alpha_i \alpha_j y_i y_j \langle f_i, f_j \rangle \rightarrow \text{EnBüyük}_{\alpha} \quad (5.16)$$

öyle ki

$$\sum_{i=1}^M \alpha_i y_i = 0, \alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, M \quad (5.17)$$

Orijinal ve dual problemlerin her ikisi de karesel programlama problemi olmakla birlikte dual problemin koşulları orijinale göre çözümü daha kolaylaştırmaktadır [90]. Eğitim kümesindeki $\alpha_i > 0$ olan f_i vektörleri destek vektörleri olarak adlandırılır ve bu vektörler en büyük marjindeki hiper düzlemin konumunu belirlemek için yeterlidir. Destek vektörleri marjinin içinde yer alır öyle ki bu vektörler için $|\langle \mu, f \rangle + b| < 1$ 'dir. Ayıran hiper düzlemin marjinin içinde yer alan destek vektörleri tarafından belirleniyor olması DVM'nin sınıflayıcı olarak aykırı değerlere karşı dayanıklı olmasını sağlar. Eğitim kümesinin içindeki destek vektörlerinin oranının yüksek olması da sınıflayıcının eğitim kümesine aşırı uyum göstermiş olabileceğine işaret eder. Eğer elimizdeki iki sınıf doğrusal olarak ayrılamıyorsa koşullara ξ hata terimini ifade eden dolgu değişkenleri eklenerek koşulların esnetilmesi gerekir, hata terimlerinin amaç işlevine eklenmesiyle hiper düzlemi belirleme problemi (5.18) ve (5.19)'daki dönüşür [90];

$$\frac{1}{2} \sum_{r=1}^m (\mu^{(n)})_r^2 + C \sum_{i=1}^M \xi_i \rightarrow \text{EnKüçük}_{\mu, b, \xi} \quad (5.18)$$

$$y_i \left(\sum_{r=1}^m (\mu^{(n)})_r (f_i)_r + b \right) \geq 1 - \xi_i \text{ ve } \xi_i \geq 0, i = 1, \dots, M \quad (5.19)$$

C, marjini en büyük ve eğitim kümesindeki hata sayısını en az kılma amaçlarını dengeleyen sıfırdan büyük bir sabittir. Doğrusal olarak ayrılamayan sınıflar için en büyük marjine ve en az hataya sahip (dolgu değişkenlerin toplamıyla temsil edilir) çözümü bulabilmek için eğitim kümesindeki vektörlerin marjinin içinde yer almasına ya da hatalı sınıflara atanmalarına müsaade edilir. Marjinin içinde kalan vektörler doğru sınıflanmış olsalar bile bu vektörler için $\xi_i > 0$ 'dır. Doğrusal olarak ayrılamayan sınıflar için dual problem (5.20) ve (5.21)'deki gibi ortaya konur [90].

$$\sum_{i=1}^M \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \alpha_i \alpha_j y_i y_j \langle f_i, f_j \rangle \rightarrow \text{EnBüyük}_{\alpha} \quad (5.20)$$

öyle ki

$$\sum_{i=1}^M \alpha_i y_i = 0, 0 \leq \alpha_i \leq C, i=1, \dots, M \quad (5.21)$$

α_i 'nin C sabitiyle üstten sınırlanmış olması, her eğitim vektörünün sınıfları ayıran hiper düzlemin üzerindeki etkisinin sınırlanmış olmasına karşılık gelir, bu aynı zamanda marjine yakın aykırı değerlerin etkisini de sınırlandırmış olur.

5.3. Rasgele Orman

RO en temelde karar ağacı tabanlı bir yöntemdir, sınıflama için vardığı netice tekil bir karar ağacı yerine bir karar ağaçları topluluğunun oy çokluğuyla işaret ettiği sınıftır [91]. Karar ağacı temelli yöntemler 80'li yıllarda oldukça tercih edilmekteyken 90'lara gelindiğinde başarımları o dönem için uygulamada yeni sayılabilecek DVM gibi esnek yöntemlerle karşılaştırıldığında geride kalmaktaydı [92]. Paketleme yöntemi karar ağacı topluluğu tabanlı yaklaşımlar cephesinde bu duruma istinaden geliştirilen öncül çözümlerden birisidir [93]; içerdiği her bir karar ağacı eğitim kümesinden yer değiştirmeli yeniden örneklemeyeyle oluşturulan bir alt eğitim kümesiyle eğitilir. İstikrarsız olarak tanımlanmış (eğitim kümesindeki küçük bir değişikliğin karar üzerindeki etkisinin büyüklüğünden dolayı) olmakla birlikte [94], kararın ortalama olarak oluşturulmasının değişintiyi azalttığı [95], ortalama alınan değişkenlerin arasındaki ilinti azaltıldığında değişintinin azaltımının bundan olumlu etkileneceği bilinmektedir [92]. Tüm bu saydıklarımız Beriman [96]'ın RO'yu ortaya koymasının arka planındaki argümanlar arasında gösterilir. RO'nun makine öğrenmesi alanındaki kullanımı çok geniş olup bunlara örnek olarak görüntü işleme [97], görüntüden nesnenin sınıfını tanıma [98], video ayrıştırma [99], kişi tanıma [100], görüntü sınıflandırma [101] verilebilir.

Beriman RO'yu ortaya koyarken Amit and Geman [102]'in karar ağacının her düğümünün belirlenmesinde sabit uzunluklu bir örüntü vektörü kullanmak yerine örüntü vektörünün rasgele seçilen bir alt kümesini kullanımından, Ho [103]'nün eğitim kümesinin tamamı yerine seçilerek oluşturulan alt kümeleri kullanılarak birden çok karar ağacı oluşturmasından, Dietterich [104]'in düğümlerdeki bölütlemenin seçiminde en başarıların arasından rasgele seçim yaklaşımından etkilenmiştir [105].

RO'da kullanılan karar ağacı modeli yinelemeli ikili bölütlemeli karar ağaçlarına dayanmaktadır [106]. İkili bölütlemeli karar ağaçlarında başlangıç düğümü tüm sınıflama

uzayına karşılık gelir ve ağacın uç düğümleri sınıflama uzayının nihai bölütlemesini oluşturur. Uç düğüm olmayan her düğüm örüntü vektörünün değişkenlerinden birine dayalı olarak iki dala ayrılır, sınıflama için bu ayrışımın en bilindik kriteri Gini indeksidir, ayrışım bir durma koşuluna ulaşana kadar yinelemeli olarak devam eder, durma koşuluna örnek olarak uç düğümlere karşılık düşen eğitim vektörü adetinin belirlenmiş bir sayının altında kalır olması verilebilir.

Daha önce DVM'in açıklanmasından ele alınmış $R_{\text{ampirik}}(\alpha)$ 'nın en küçük kılınması amacı burada da aynen geçerlidir. Sınıflama için seçilecek sıfır-bir kayıp fonksiyonu (5.22)'deki gibidir [106].

$$L(\Omega, g(f, \alpha)) = I(\Omega \neq g(f, \alpha)) = \begin{cases} 0, & \Omega = g(f, \alpha) \\ 1, & \Omega \neq g(f, \alpha) \end{cases} \quad (5.22)$$

$R_{\text{ampirik}}(\alpha)$ 'yı sıfır-bir kayıp fonksiyonu için en küçük kılan $g(f, \alpha)$ sınıflama fonksiyonu (5.23)'deki gibi bulunur [107];

Ω 'nın alabileceği tüm değerler $\bar{\Omega}$ ile gösterilir ve Δ indisi örneğin aldığı değer anlamını yüklerse

$$g(f^\Delta, \alpha^\Delta) = \underset{\Omega^\Delta \in \bar{\Omega}}{\text{argüman en büyük}} P(\Omega = \Omega^\Delta / (f = f^\Delta, \alpha = \alpha^\Delta)) \quad (5.23)$$

Elimizde $g(f^\Delta, \alpha^\Delta)$ 'nin elde edildiği B sayıda temel sınıflayıcı $h_j(f^\Delta)$, $j \in \mathbb{Z}^+$ ve $j \in [1, B]$ olduğu durumda, temel sınıflayıcılar tarafından en çok işaret edilmiş (en çok oy alan) sınıf (5.24)'deki gibidir.

$$g(f^\Delta, \alpha^\Delta) = \underset{\Omega^\Delta \in \bar{\Omega}}{\text{argüman en büyük}} \sum_{j=1}^B I(\Omega^\Delta = h_j(f^\Delta, \alpha_j^\Delta)) \quad (5.24)$$

Elimizdeki eğitim kümesi $D = \{(f_i, \Omega_i) : i \in \mathbb{Z}^+ \text{ ve } i \in [1, M]\}$ olmak üzere eğitim fazı sonunda elde edilen karar ağacı $\hat{h}_j(f, \alpha_j, D)$ olsun, buradaki α_j , biri eğitim kümesinden rasgele yer değiştirmeli yeniden örneklemeyle alt eğitim kümelerinin oluşturulması, diğeri de düğümün bölütlenmesinde örüntü vektörünün tamamının değil rasgele seçilen bir kısmının kullanılması olmak üzere iki farklı rassallık barındırır. RO'da karar ağaçları indirgeme yapılmaksızın büyürler, yöntem önerildiğinde büyümenin durması koşulu olarak sınıflayıcının uç düğümlerin saflaşmış olması tariflenmiş olsa da [96], daha güncel olan uç düğümlerin sayısının sınırlandırılmasıdır [108]. RO algoritması aşağıda listelendiği gibidir [106].

Tanımlar:

$D=\{(f_i, \Omega_i): i \in \mathbb{Z}^+ \text{ ve } i \in [1, M]\}$ eğitim vektörü ve ait olduğu sınıfı gösterir sayı çiftlerinden oluşan eğitim kümesi, $f_i=(f_{i,1}, \dots, f_{i,N})^T$ ve $j \in \mathbb{Z}^+ \text{ ve } j \in [1, B]$ olmak üzere karar ağaçları indeksi olsun.

Algoritma:

1. D'den rasgele yer değiştirmeli yeniden örneklemeyle yine N ögeli D_j eğitim kümesi oluşturulur.
2. D_j kullanılarak bir karar ağacı yinelemeli ikili bölütlemeye eğitilir.
 - a. İlk olarak tüm eğitim kümesi tek bir düğüme atanır.
 - b. Durma koşulu gerçekleşene kadar aşağıdaki adımlar yinelemeli olarak tekrarlanır:
 - i. Eğitim vektörünün N adet bileşeninden m tanesi rasgele seçilir.
 - ii. Seçilen bu m bileşenden en iyi ikili bölütlemeyi veren belirlenir ve düğüm buna uygun şekilde bölütlenir

Vereceğimiz yeni bir f vektörü için sınıflama yaptığımızda, $\hat{g}(f, \alpha)$ (5.25)'deki gibi bulunur;

$$\hat{g}(f, \alpha) = \underset{\Omega}{\text{argüman en büyük}} \sum_{j=1}^B I(\Omega = \hat{h}_j(f, \alpha_j)) \quad (5.25)$$

$\hat{h}_j(f, \alpha_j)$ f vektörünün j. karar ağacı üzerindeki sınıflama neticesini gösterir.

Uygulamada RO'nun üç değişkenle kontrolü öne çıkar, bu değişkenler; karar ağacı sayısı, her düğümde seçilecek vektör bileşeni adeti ve uç düğümde bulunacak en az eğitim vektörü sayısını gösteren düğüm büyüklüğüdür (genellikle 1 olarak tercih edilir) [109].

5.4. Sınıflayıcı Başarım Ölçütleri

Eğitim verisi kullanılarak eğitilmiş sınıflayıcıların sınama verisi üzerinde gösterdikleri başarıyı ölçmek için farklı metrikler kullanılmaktadır. İncelenen sınıf sayısı satır ve sütun olarak gösterim için uygun olduğunda sınıflar arasındaki yanlış karar ilişkisini görsel olarak en iyi hata matrisi ortaya koymaktadır. İkili sınıflama için (sınıflar P_c ve N_c olarak adlandırılmıştır) oluşturulacak hata matrisi Tablo 5.1.'deki gibidir [110]. Hata matrisinin öğeleri, sınıflama karar sayıları ya da sınıflama karar yüzdelik değerleridir. Makul bir

sınıflayıcı için söz konusu matrisin köşegeni üstündeki değerler yüksek ve köşegen dışındaki değerler düşük olmalıdır.

Tablo 5.1. Hata matrisi.

		Sınıflayıcının kararı	
		P _c	N _c
Gerçek sınıf	P _c	DoğruP	YanlışN
	N _c	YanlışP	DoğruN

Hata matrisi çok sınıflı sınıflama neticesinin görselleştirilmesi için de kullanılabilir [111], bu durumda yine iki sınıflıda olduğu gibi, gerçek sınıf bilgisi satırlarda ve sınıflayıcı karar bilgisiyse sütunlarda yer alır. Söz konusu matriste köşegen üzerindeki değerler doğru sınıflamaları köşegen dışındaki değerlerse sınıflar arasındaki hatalı karar ilişkisini gösterir. Sınıflayıcı performansının belirlenmesinde hata matrisindeki değerler kullanılarak türetilen farklı metrikler mevcut olup, bunların üç tanesinin açıklaması iki sınıflı durum için aşağıda sunulmaktadır [112].

Doğruluk, sınıflayıcının doğru kararlarının sayısının tüm kararlarının sayısına oranıdır, hesabı (5.26)'da gösterilmektedir.

$$\text{Doğruluk} = \frac{\text{DoğruP} + \text{DoğruN}}{\text{DoğruP} + \text{DoğruN} + \text{YanlışP} + \text{YanlışN}} \quad (5.26)$$

Kesinlik, verilmiş doğru pozitif kararlarının sayısının sınıflayıcının tüm pozitif kararlarının sayısına oranıdır ve bize sonuçların ne kadar kullanılabilir olduğunu işaret eder, hesabı (5.27)'de gösterilmiştir.

$$\text{Kesinlik} = \frac{\text{DoğruP}}{\text{DoğruP} + \text{YanlışP}} \quad (5.27)$$

Anımsama, da sınıflayıcının doğru pozitif kararlarının sayısının tüm doğru kararlarının sayısına oranıdır, hesabı (5.28)'de yer almaktadır.

$$\text{Anımsama} = \frac{\text{DoğruP}}{\text{DoğruP} + \text{DoğruN}} \quad (5.28)$$

Doğruluk hesabı oldukça kolay olup, sınıflayıcı başarımını ölçmek için kullanılan temel bir metriktir [113]. Kesinlik ve anımsama da bilginin geri çağırımında sıklıkla kullanılmaktadır [114], kesinlik sonuçların ne kadar kullanılabilir olduğuna, anımsama da sonuçların ne kadar tam olduğuna işaret eder.

5.5 Temel Bileşen Analizi

Sınıflanacak veri setinin yüksek boyutlu olmasının boyutluluğun laneti problemiyle karşılaşılmasına sebep olduğu bilinmektedir [80], söz konusu probleme ilişkin çözüm veri setinin daha düşük boyutta bir uzaya indirgenmesi ve bu yeni uzayda sınıflanmasıdır. Boyut indirmek için DD kullanılabileceği gibi veri bağımlı yöntemlerden de yararlanılmaktadır, TBA [115] bu yöntemlerin en önde gelenlerinden birisidir. TBA 1901 yılında Pearson [116] tarafından daha sonra da Pearson'dan bağımsız olarak Hotelling [117] tarafından 1930 yılında geliştirilmiştir. Perspektiflerindeki farka bakıldığında bunun nasıl mümkün olabileceği daha açık görülmektedir; Pearson açısından TBA, veri kümesindeki örneklerin izdüşümlerine olan uzaklıklarının karesel ortalaması ile tanımlanan ortalama izdüşüm bedelini küçülten bir DD'dir fakat Hotelling için TBA verinin varyansının en çoklandığı daha düşük boyutlu doğrusal bir uzaya (temel alt uzay olarak bilinen) dik izdüşümüdür. TBA literatürde sinyal işleme alanında Karhunen-Loève dönüşümü [118], makine mühendisliğinde uygun dikgen çözümü [119] gibi farklı isimlerle de yer almaktadır. TBA'nın ilk ortaya çıkışında olduğu gibi açıklamasını da farklı perspektiflerde yapmak mümkündür.

TBA'ya varyansın en çoklanması açısından yaklaşıldığı takdirde amaç; veri setini oluşturan M adet N boyutlu vektörün, izdüşümlerinin varyansını en çoklayacak şekilde m boyutlu uzaya izdüşümüdür. Başlangıç olarak tüm vektörlerin tek bir boyuta indirgeneceği, dolayısıyla bir doğru üzerine izdüşümlerinin alındığı düşünölsün. Söz konusu doğrunun yönü N boyutlu t_1 vektörüyle ($t_1^T t_1 = 1$ kabulöyle vektörün büyüklöğü ilgi alanı dışında kalmış olur) gösterilmek suretiyle veri setindeki her bir f_i , $1 \leq i \leq M$ vektörü t_1 ile noktasal çarpılarak tek boyuta indirgendiğinde, elde edilen tek boyutlu veri setinin örnek ortalaması (5.29)'daki ve varyansı(5.30)'daki gibi hesaplanır [107xx115];

$$f_1^o = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M t_1^T f_i = t_1^T f^o \quad (5.29)$$

$$\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M [t_1^T f_i - t_1^T f^o]^2 = t_1^T S_d t_1 \quad (5.30)$$

S_d ortak değışinti matrisini göstermekte olup $S_d = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (f_i - f^o)(f_i - f^o)^T$ 'dir.

Değişinti t_1 ’e göre en çoklanmak istendiğinde, Lagrange çarpanlar yöntemi daha önce tanımlanmış olan $t_1^T t_1 = 1$ koşulu ile uygulanabilir, bu durumda en iyilenecek ifade (5.31)’deki gibidir.

$$t_1^T S_d t_1 + \lambda_1 (1 - t_1^T t_1) \quad (5.31)$$

Bu ifadenin t_1 ’e göre türevi alınıp netice sıfıra eşitlendiğinde $S_d t_1 = \lambda_1 t_1$ bulunur, burada t_1 ’in ortak değişinti matrisinin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör olması gerektiği ortaya çıkar. Benzer şekilde hedeflenen m boyut için varyansı en çoklayacak çözümün ortak değişinti matrisinin en büyük m özdeğerine karşılık gelen m özvektör olduğu bulunur. TBA’nın gösterilmiş olduğu gibi ortak değişinti kullanılarak hesabının [120, 121] yanında, yinelemeli hesaplama [122], doğrusal olmayan yinelemeli kısmı en küçük kareler yöntemi [123], ya da çevrim içi/ardışıl kestirim yöntemiyle [124] ortak değişinti kullanmadan hesabı mümkündür.

TBA bu çalışmada DD ve TDA-ÖK’nün yanında veri bağımlı alternatif bir boyut düşüm metodu olarak kullanılmış olup aynı veri seti üzerinde boyut düşümünde veri bağımsız ve veri bağımlı yaklaşımların sınıflamaya etkilerinin karşılaştırılmasını olanaklı kılmaktadır.

6. SIKIŞTIRMALI SINIFLAMA

SÖ Shannon örnekleme yaklaşımına yenilik getirmenin yanı sıra SÖ'deki ölçümleme neticesinde elde edilen boyut düşümü, sınıflamada karşımıza çıkan boyutluluğun laneti probleminde de bir çözümdür.

Boyutluluğun laneti terimi Belman [125]'ın çalışmasında ilk defa kullanılmıştır, çalışmasında Belman boyut artışıyla işlem gücü ihtiyacının üstel olarak arttığını, alan kullanımının verimsizleştiğini ve görselleştirme olanaklarının azaldığına işaret eder. Daha önce sözü edildiği gibi boyut sayısının artışı Öklid uzayında noktalar arasındaki mesafeyi neredeyse eşit kılmaktadır, bu gerçekleştirilen metrik bazlı karşılaştırmaların hassasiyetinin körelmesine karşılık gelir. Ayrıca elimizde sabit sayıda örnek olduğunu düşündüğümüzde boyut sayısının arttırılması başlangıçta hata oranını azaltıyor olsa da boyut artımının devam etmesiyle belli bir eşikten sonra hata oranı artmaya başlamaktadır [126]. Daha güncel bir çalışmada bu genelleme eklenen boyutlardaki bilginin diğer boyutlardaki bilgiye göre toplam ayırıştırıcı gücüne dayalı bir değerlendirmeye genişletilmiştir [127]. Ölçümlemeyle gerçekleştirilen boyut düşümünde kullanılan ölçümleme matrisinin belirlenmesi veriden bağımsızdır. Bunun yanında boyut sayısının azaltımına yönelik çok daha geniş kullanımda olan veri bağımlı metotlar da mevcuttur, söz konusu metotlara örnek olarak TBA [115], Doğrusal Ayırdedici Analiz [128] ve Kesilmiş Tekil Değer Ayırışımı [129] verilebilir.

SÖ ile veriyi geri çatıp sınıflama yapılması mümkün olmakla birlikte hem işaret edilmiş olan boyutluluğun laneti hususu hem de kimi zaman ölçüm uzayında sınıflama işlemini gerçekleştirmenin gerekliliğinden dolayı (örneğin hedef tespiti gibi zamanlamanın kritik olduğu uygulamalar için) SS yaklaşımı (tarihçesi 2006 yılına kadar uzanmaktadır [130]) her ikisi için de çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bir SÖ uygulaması olan tek piksel kameralar [131] görüntü aktarımında kullanılabileceği gibi veriyi aktarmadan olduğu yerde düşük boyutlu veriyle görüntü sınıflama amacıyla da kullanılabilir [132-134], aynı şekilde yüz tanıma için de benzer bir durum söz konusudur [135, 136]. SS'nin uçta hesaplama için getirebileceği veri iletim ekonomisi de göz ardı edilmemelidir; SS tüm verinin aktarımı yerine verinin sınıflanıp gerekli görülenlerinin aktarılmasını mümkün kılmaktadır, buna ilişkin olarak Calderbank et.al [75]'in makalesindeki şu ifade durumu oldukça iyi nitelendirmektedir: “iğneyi sıkıştırılmış samanların samanlığında tüm samanları geri çatmadan aramak”.

Örnek uzayından, SS'nin yapıldığı ölçüm uzayına geçişin dönüşüm matrisiyle gerçekleştiğini göz önüne aldığımızda, rasgele dönüşüm matrisi ile boyut düşümünün sınıflamaya etkisinin SS'den daha önce çalışılmış olduğunu bulgularız [137-139].

Sınıflama için rasgele dönüşümle boyut düşümü yaklaşımı Johnson-Lindenstrauss önsavına (JLÖ) [140] dayanmaktadır. JLÖ'ya göre yüksek boyutlu bir uzaydaki noktalar kümesi daha düşük boyutlu bir uzaya aralarındaki uzaklıklar yaklaşık olarak korunarak gömülebilir. Söz konusu önsavın Teorem olarak ifadesi [141]:

Herhangi tamsayı M ve her $0 < \epsilon < 1$ için κ pozitif bir tam sayı olup (6.1)'de gösterilmiş olduğu gibi alttan sınırlıdır.

$$\kappa \geq 4(\epsilon^2/2 - \epsilon^3/3)^{-1} \ln M \quad (6.1)$$

Böylece $\mathbb{R}^N$ 'de mevcut M adet noktadan oluşan D kümesi için bir $g: \mathbb{R}^N \rightarrow \mathbb{R}^k$ haritası vardır öyle ki, her $u, v \in D$ için, $(1-\epsilon)\|u-v\|^2 \leq \|g(u)-g(v)\|^2 \leq (1+\epsilon)\|u-v\|^2$ 'dir ve g rasgele polinom zamanı içinde bulunabilir.

SS problemini incelemeye işaret sınıflaması problemine SÖ bağlamında nasıl çözüm getirileceğinin belirlenmesinden başlanabilir;

$D = \{f_i: i \in Z^+, i \in [1, M], f_i \in \mathbb{R}^N \text{ ve } \|f_i\|^2 = 1\}$ kümesi M adet işaret adayını içerecek şekilde kurgulanacak olursa, f_G ile gösterilen gerçek işaretin gözlemlenen ölçüm ($y \in \mathbb{R}^m$) ve ölçüm matrisi (Φ) bilgisiyle doğru şekilde tespitinin başarı ölçütü, seçilecek $\hat{f}_m \in D$ aday işarete bağlı olarak $P(\hat{f}_m \neq f_G)$ ile tanımlayacağımız hata olasılığıyla ölçülebilir ve söz konusu hata olasılığı (6.3)'de gösterildiği gibi üstten sınırlıdır [135].

Φ 'nin öğeleri i.i.d $N(0, 1/N)$ ve eklenen gürültü işaretinin (e) öğeleri i.i.d $N(0, \sigma^2)$ ve Φ 'nin öğelerinden bağımsız olmak üzere, yapılan ölçüm $y = \Phi f + e$ olur, bu durumda ampirik risk en azlayıcısı (6.2)-(6.4)'de gösterildiği gibidir,

$$\hat{f}_m = \underset{f \in D}{\text{argüman en küçük}} \|y - \Phi f\|^2 \text{ izleyen eşitsizliği sağlar.} \quad (6.2)$$

$$P(\hat{f}_m \neq f_G) \leq (M-1) \left(1 + \frac{d_{ek}}{4\sigma^2}\right)^{-m/2} \text{ öyle ki} \quad (6.3)$$

$$d_{ek} = \underset{f_i, f_j \in D, i \neq j}{\text{en küçük}} \|f_i - f_j\|^2 \quad (6.4)$$

JLÖ'da tespit edildiği gibi rasgele dönüşüm altında uzaklıkların yaklaşık olarak korunuyor olması yüksek boyutlu bir uzaydan daha düşük boyutlu bir uzaya iyi bir gömme olarak belirtilse de Öklid uzayında temsil ettikleri metrik dışında göz önüne alınacak

noktalar kümesinin ağırlık merkezi, bu merkeze noktaların ortalama uzaklıkları, üç nokta arasında ortaya çıkan açılar, kümelerin hacimleri, noktalar ve doğrular arasındaki uzaklıklar gibi karakteristikler de mevcuttur [142]. Bu bağlamda KEÖÖ vektörlerin doğrusal bileşimlerinin korunumunu da kapsayacak şekilde genelleştirilebilir.

Genelleştirilmiş KEÖÖ: Eğer bir Φ matrisi KEÖÖ'yü k mertebesinde $\delta_k < 1/3$ için sağlıyorsa, aralarındaki açı β olan ve Φ matrisi sütun vektörlerince desteklenen herhangi seyrek f ve $\bar{f}$ vektörleri için $\langle f, \bar{f} \rangle = \|f\| \|\bar{f}\| \cos \beta$ olmak üzere KEÖÖ (6.5)'deki gibi genelleştirilebilir [143].

$$(1-\delta_k) \frac{m}{N} \|f\| \|\bar{f}\| \cos(1+\theta)\beta \leq \langle \Phi f, \Phi \bar{f} \rangle \leq (1+\delta_k) \frac{m}{N} \|f\| \|\bar{f}\| \cos(1-\theta)\beta, \text{ öyle ki} \quad (6.5)$$

$\theta = c\sqrt{\delta_k}$ olup c ise $c > 0$ koşullu küçük bir sabittir.

Rasgele dönüşüm altında uzaklıkların yaklaşık olarak korunabildiği, işaretin kendisi yerine ölçümüyle sınıflama yapılabildiği ve KEÖÖ'nün seyrek vektörlerin doğrusal bileşimlerinin korunumunu da kapsayacak şekilde genelleştirilebildiği gözlemlerinin ardından, bunların devamı olarak Calderbank et al. [75] tarafından ortaya konmuş Sıkıştırılmalı Öğrenme kavramı örnek uzayı ve ölçüm uzayı arasındaki sınıflama ilişkisini tanımlaması bağlamından önemlidir.

Sıkıştırılmalı Öğrenme: KEÖÖ özelliğini $2k$ seyrek f vektörleri için δ_k sabitiyle sağlayan Φ ölçüm matrisi ve D örnek kümesinin sıkıştırılmış karşılığı olan $\Phi D = \{(\Phi f_i, y_i) : i \in Z^+, i \in [1, M], f_i \in \mathbb{R}^N \text{ ve } \|f_i\|_2 \leq \bar{\Lambda}\}$ kümesi üzerinde eğitilmiş yumuşak marjinli DVM $\hat{g}_{\Phi D}$ iken örnek uzayındaki en iyi doğrusal sınıflayıcı α_0 olsun, bu durumda riskteki sapma $1-2\gamma$ olasılıkla (6.6)'daki eşitsizliği sağlar [131].

$$R(\hat{g}_{\Phi D}) \leq R(\alpha_0) + O\left(\sqrt{\|\alpha_0\|^2 ((\bar{\Lambda})^2 \delta_k + \frac{\log(1/\gamma)}{M})}\right) \quad (6.6)$$

Eğer N yeterince büyükse, boyut $O(k \log N)$ olduğunda riskteki sapma $O(\sqrt{\delta_k})$ olur, öte yandan eğer M çok küçükse bozulma faktörü δ_k görece büyük kalacağından bu durumda DVM sınıflayıcı zayıf bir öğrenicidir [75]. DVM sınıflayıcı destek vektörlerinin bir doğrusal bileşimi olduğu için yukarıda sözü edilmiş olan Genelleştirilmiş KEÖÖ de ölçüm uzayında DVM ile sınıflamanın yapılabilirliğini destekler niteliktedir.

Seyrek vektörler için tanımlanmış olan sınıflama ve sınıflayıcı özellikleri gözlem uzayındaki veri seyrek olmasa bile geçerlidir, söz konusu seyrek olmayan veri varlığı tam olarak bilinmese de muhtemel bir dönüşümle o uzayda seyrekleştirilebilir [75].

Seyrek olmayan f işareti k seyrek s işareti ve birimdik Ψ_d dönüşümüyle $f=\Psi_d s$ neticesinde elde edilir, ölçümleme neticesinde bulunan y işaretinin $y=\Phi f$ ile elde edildiği daha önce gösterilmişti, öyle ise $y=\Phi \Psi_d s$ yazmamız mümkündür, sezim matrisi A için $A=\Phi \Psi_d$ tanımıyla eğitim kümesi $\hat{D}$ (6.7)'deki gibi gösterilir.

$$\hat{D}=\{(f_i, y_i): i \in Z^+, i \in [1, M], f_i \in R^N, y_i \in R^m, y_i = A s_i, \|s_i\|_0 \leq k, \|s_i\|_2 \leq \bar{\Lambda}\} \quad (6.7)$$

A matrisi seyrek uzaydan ölçüm uzayına bir dönüşüm tanımlar, Ψ_d dönüşümü birimdik ve Φ matrisinin öğeleri Gauss dağılımdan i.i.d olarak örneklendiği için A matrisi Φ ile aynı dağılımdadır, dolayısıyla Φ KEÖÖ'yü sağladığında büyük olasılıkla A 'da sağlar [131]. KEÖÖ k seyrek s işareti ve A sezim matrisi için (6.8)'deki gibi yazılabilir.

$$(1-\delta_k)\|s\|^2 \leq \|As\|^2 \leq (1+\delta_k)\|s\|^2 \quad (6.8)$$

Ψ birimdik bir dönüşüm olduğu için $\|f\|_2 = \|s\|_2$ 'dir, bu göz önüne alınarak seyrek olmayan f işaret için KEÖÖ ifadesi (6.9)'daki gibi güncellenebilir.

$$(1-\delta_k)\|f\|^2 \leq \|\Phi f\|^2 \leq (1+\delta_k)\|f\|^2 \quad (6.9)$$

Ölçümleme işlemi göz önüne alındığında; ölçümlemenin yapıldığı işaret f olup seyrek değildir, f 'nin yeniden eldesinde; A matrisinin bilinir olması s işaretinin bulunması, Ψ dönüşümünün bilinirliği de s 'den f işaretinin geri çatımı için gereklidir. Eğer amaç işaretin geri çatımı değil de sınıflanmasıysa A matrisinin bilinmesi gerekmez, ölçüm esnasında seyrek olmayan örnek uzayında işlem yürütülür ve ölçüm sonuçları sınıflama için kullanılır.

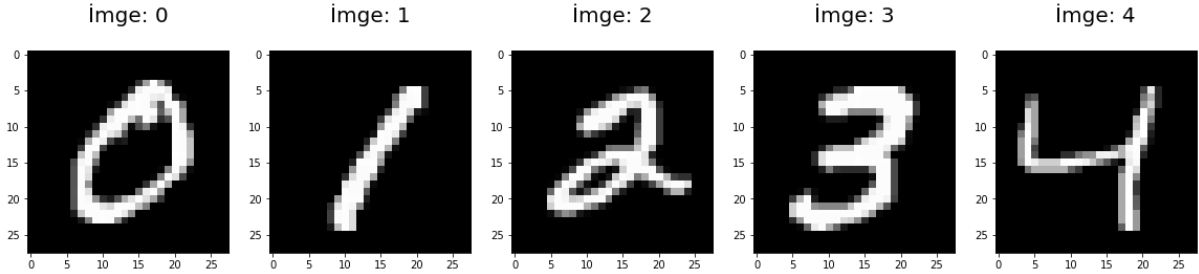
7. TEKİL DEĞER AYRIŞIMINA DAYALI ÖN KOŞULLAMA’NIN SIKIŞTIRMALI SINIFLAMA’YA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

TDA-ÖK’nın mevcutta açgözlü algoritmaların geri çatma başarımına katkısının teorik gösterimi ve bunu destekler nitelikteki iki farklı benzetimin sonuçları daha önce sunulmuştu. Bu bölümde TDA-ÖK yaklaşımının SS üzerindeki etkisi, üç farklı sınıflayıcı (EYKK, RO ve DVM) kullanılarak, beş farklı veri seti (MNIST, Fashion MNIST, Chinese MNIST, Sign MNIST ve WARD) üzerinde deneysel olarak incelenmektedir. Denemeler için yazılım geliştirmede Python dili kullanılmış ve sınıflayıcıların gerçekleştirilmesi için Scikit-Learn makine öğrenmesi yazılım kütüphanesinden [144] yararlanılmıştır. Uygulama için seçilen sınıflayıcıların teorik olarak tanımlaması daha önce yapılmış olup; her üç sınıflayıcı da istatistiksel örüntü tanıma, veri madenciliği, el yazısı ve yüz tanıma, görüntü işleme vb. gibi hemen her türlü alanda tanıma ve sınıflama çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [145].

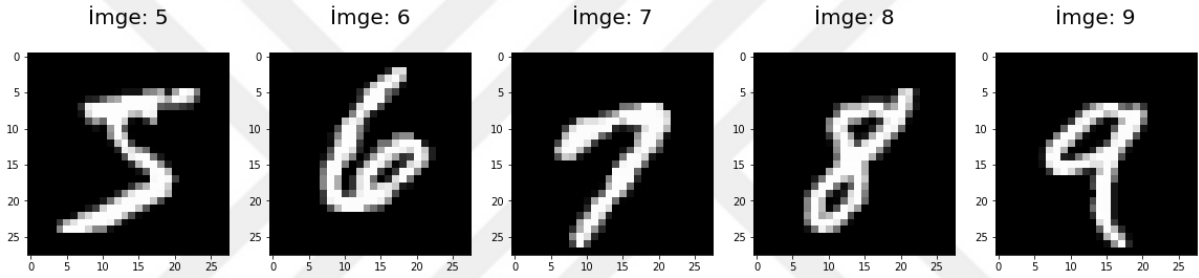
7.1. MNIST Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırma Sınıflama Uygulamasında Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama’nın Etkisi

MNIST [146], elle yazılmış rakam imgelerini içermekte olup eğitim kümesinde 60.000, test kümesinde de 10.000 örnek mevcuttur. NIST’in üretmiş olduğu siyah-beyaz imgeler orantıları korunarak 20x20 piksel boyutuna normalize edilmiştir. Normalizasyonda kullanılmış anti-aliasing yöntemi neticesinde imgeler önce gri skalasına dönüştürülmüş, daha sonra piksellerin kütle merkezlerine uygun şekilde 28x28 piksellik ölçeğe taşınmıştır. Veri setinden örnekler Şekil 7.1. ve Şekil 7.2.’de sunulmuştur. Bu çalışmada MNIST veri seti üzerinde kullanılan üç farklı sınıflayıcı (EYKK, RO ve DVM), grid araştırma yöntemi [147] 5-katlı çapraz geçerlilikle birlikte kullanılarak en iyilenmiş olup. Bu sınıflayıcılarla farklı sıkıştırma oranlarındaki TDA-ÖK uygulanmış ve uygulanmamış Gauss dağılımlı ölçüm matrisleri kullanılarak ve TBA uygulanarak SS uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Söz konusu uygulamaların neticesinde bulgular; kesinlik değerleri Tablo 7.1. ve Tablo 7.2.’de, anımsama değerleri de Tablo 7.3. ve Tablo 7.4.’de, parantez içinde SÖ ölçüm matrisi uyum değerleriyle birlikte, yüzde olarak sunulmaktadır. Bu çalışmada karşılaştırılmak istenen TDA-ÖK’nın sınıflamaya etkisi olduğu için her üç sınıflayıcı Scikit-Learn yazılım kütüphanesindeki genel tanımlı özellikleriyle kullanılmış ve her sınıflayıcının sadece sınırlı

sayıda değişkenleri üzerinde grid araştırma yapılmıştır. En iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri Tablo 7.5. ve Tablo 7.6.'da sunulmaktadır. TDA-ÖK'nın uygulandığı ve uygulanmadığı durumlarda elde edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin ve TBA uygulandığında elde edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin, DD'nin kullanılmadığı durumda elde edilen değerlere göre % değişimleri Şekil 7.3. - Şekil 7.8.'de yer almaktadır.



Şekil 7.1. MNIST veri setinden ilk beş rakam için el yazısı imgesi örnekleri.



Şekil 7.2. MNIST veri setinden diğer beş rakam için el yazısı imgesi örnekleri.

Tablo 7.1. MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

	m/N	%100			%75		
	DD Yok	Φ (0,16809)	TDA-ÖK (1,8E-8)	TBA	Φ (0,20244)	TDA-ÖK (0,19565)	TBA
EYKK	0,9718	0,9707	0,9718	0,9718	0,9697	0,9710	0,9718
RO	0,9726	0,9524	0,9548	0,9211	0,9509	0,9536	0,9277
DVM	0,9837	0,9834	0,9829	0,9855	0,9834	0,9836	0,9854

Tablo 7.2. MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

	m/N	%50			%25		
	DD Yok	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (0,16722)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	0,9718	0,9690	0,9698	0,9718	0,9680	0,9704	0,9724
RO	0,9726	0,9494	0,9525	0,9464	0,9447	0,9482	0,9519
DVM	0,9837	0,9836	0,9834	0,9853	0,9829	0,9835	0,9857

Tablo 7.3. MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N		%100			%75	
	DD Yok	Φ (0,16809)	TDA-ÖK (1,8E-8)	TBA	Φ (0,20244)	TDA-ÖK (0,19565)	TBA
EYKK	0,9717	0,9705	0,9717	0,9717	0,9695	0,9709	0,9717
RO	0,9726	0,9525	0,9548	0,9209	0,9509	0,9537	0,9276
DVM	0,9837	0,9834	0,9829	0,9855	0,9834	0,9836	0,9854

Tablo 7.4. MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N		%50			%25	
	DD Yok	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (0,16722)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	0,9717	0,9689	0,9696	0,9717	0,9679	0,9702	0,9723
RO	0,9726	0,9494	0,9526	0,9464	0,9447	0,9483	0,9520
DVM	0,9837	0,9836	0,9834	0,9853	0,9829	0,9835	0,9857

Tablo 7.5. MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).

		m/N	%100			%75		
Metod	Parametre	DD Yok	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (1,8E-8)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	"n_neighbors"	3	3	3	3	3	3	3
RO	"criterion"	gini	gini	gini	entropy	gini	gini	entropy
	"n_estimators"	1000	1000	800	1000	600	800	700
DVM	"C"	10	10	10	100	100	10	100

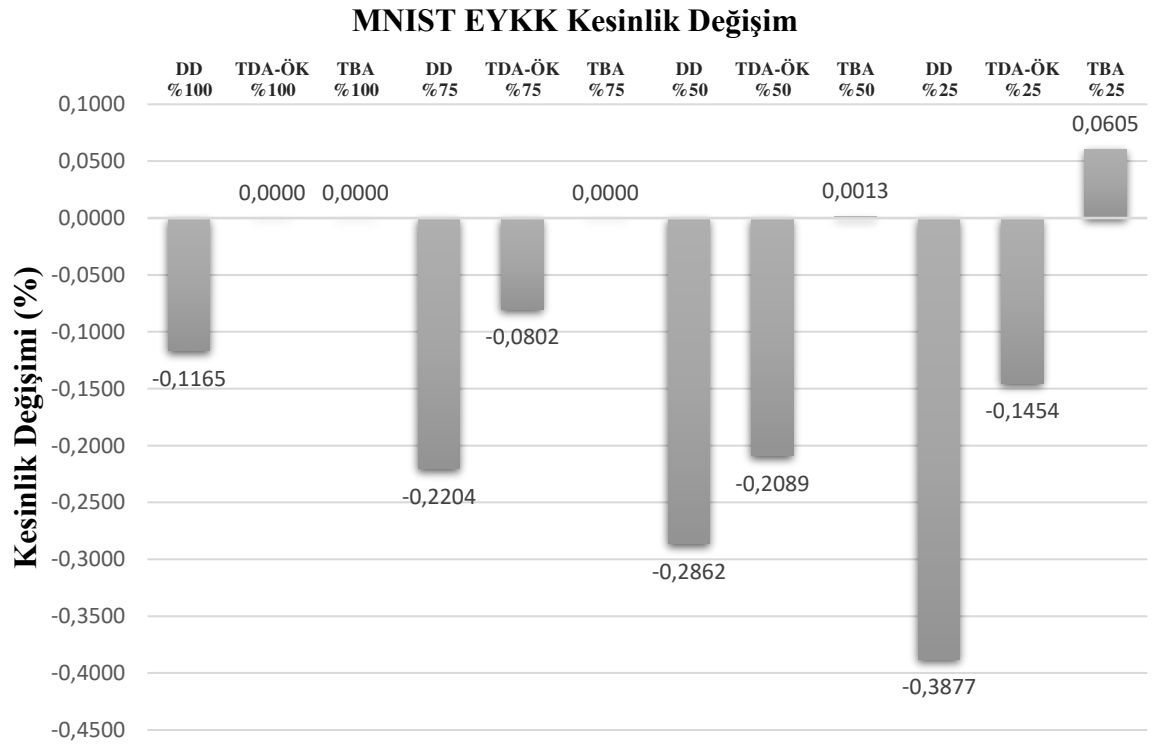
Tablo 7.6. MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).

Metod	m/N	%50			%25		
	Parametre	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (0,16722)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	"n_neighbors"	3	3	3	3	3	3
RO	"criterion"	gini	gini	gini	gini	gini	gini
	"n_estimators"	1000	800	900	900	800	1000
DVM	"C"	10	10	10	10	10	100

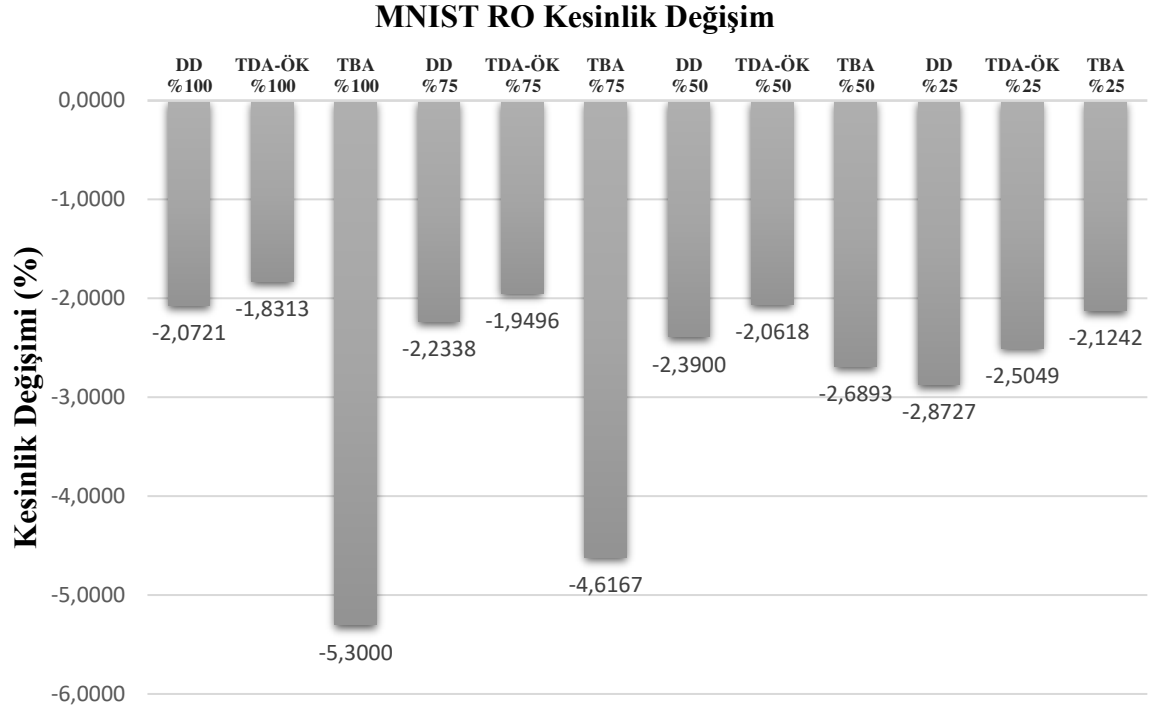
Tablo 7.1. - Tablo 7.4.'den ve bu tablolarda yer alan değerlerin yüzdelik değişimlerinin yer aldığı Şekil 7.3. - Şekil 7.8.'den gözleneceği gibi; DD uygulanmadan elde edilen değerlere göz atıldığında kesinlik ve anımsama açısından sınıflayıcıların başarımlarının sıralaması DVM, RO ve EYKK şeklindedir. Salt DD uygulandığında, TDA-ÖK uygulandığında ve TBA uygulandığında elde edilen sınıflama başarımlarının hiçbir uygulama yapılmadığında elde edilen değerlere göre % değişimleri sınıflayıcı ve m/N oranı bağlamlarında farklılık göstermekle birlikte aşağıdaki çıkarımların yapılması mümkündür;

- EYKK ile sınıflama için, m/N oranı azaldıkça DD ve TDA-ÖK uygulandığında kesinlik ve anımsamadaki azalma düzenli şekilde artmaktadır, TBA uygulandığında m/N oranı azaldıkça kesinlik ve anımsamada azalma değil artım gözlenmekte olup, özellikle en küçük m/N oranı için bu artım en yüksektir.
- EYKK ile sınıflama için, m/N oranı azaldıkça TBA uygulandığında kesinlik ve anımsamadaki değişimin %75 - %25 için diğer iki alternatifte göre daha iyi olduğu gözlenmekle birlikte TBA ve diğer seçeneklerdeki en kötü değişim karşılaştırıldığında aralarındaki fark her durumda %0,5'in altında kalmaktadır.
- EYKK ile sınıflamada her m/N oranı için TDA-ÖK uygulandığında gözlenen kesinlik ve anımsama başarımları salt DD uygulandığında gözlenenden daha yüksektir.
- RO ile sınıflama için ilk göze çarpan salt DD, TDA-ÖK ve TBA uygulamalarının hepsi için kesinlik ve anımsamadaki değişimin tüm m/N oranlarında negatif oluşudur. TBA %100 - %50 için en kötü sonucu vermekle birlikte m/N oranı %25 olduğunda diğer iki yöntemle göre başarımları daha iyidir. Tüm m/N oranları için her üç yöntemin başarımlarındaki değişimi karşılaştırıldığında en az ve en çok değişim arasındaki fark %3,5'in altındadır.
- RO ile sınıflamada da her m/N oranı için TDA-ÖK uygulandığında gözlenen kesinlik ve anımsama başarımları salt DD uygulandığında gözlenenden daha yüksek kalmaktadır.

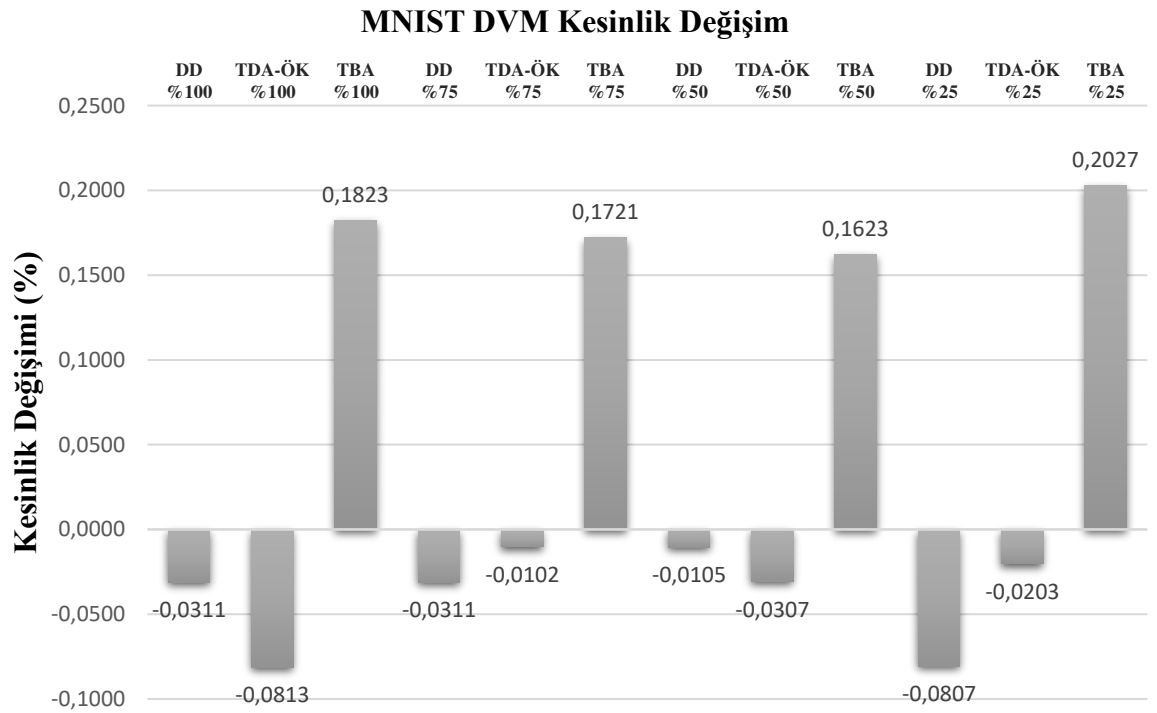
- DVM ile sınıflamada TBA her m/N oranı için kesinlik ve anımsama başarımlarını yükseltmektedir, bu artış %100 - %50 arasında azalan bir eğilimde olmakla birlikte m/N oranı %25 olduğunda kesinlik ve anımsama başarımlarındaki yükselme en fazladır. Bununla birlikte TBA ve diğer seçeneklerdeki en kötü değişim karşılaştırıldığında aralarındaki fark her durumda bu sınıflayıcı için de %0,5'in altında kalmaktadır.
- DVM ile sınıflamada TDA-ÖK uygulandığında gözlenen kesinlik ve anımsama başarımları salt DD uygulandığında gözlenen ile karşılaştırıldığında farklı m/N oranları için farklı davranış gözlenmektedir.
- Bu veri setinde gerçekleştirilmiş tüm SS uygulamalarında başarımların değerlerinin en çok azaldığı sınıflayıcı RO iken, EYKK'nın başarımlarındaki azalma miktarı RO'da görülene kıyasla oldukça azdır. DVM'nin ise tüm m/N oranlarında salt DD ve TDA-ÖK için performansını yaklaşık olarak koruduğu ve TBA ile performansının iyileştiği söylenebilir.



Şekil 7.3. MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.1. ve Tablo 7.2.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.

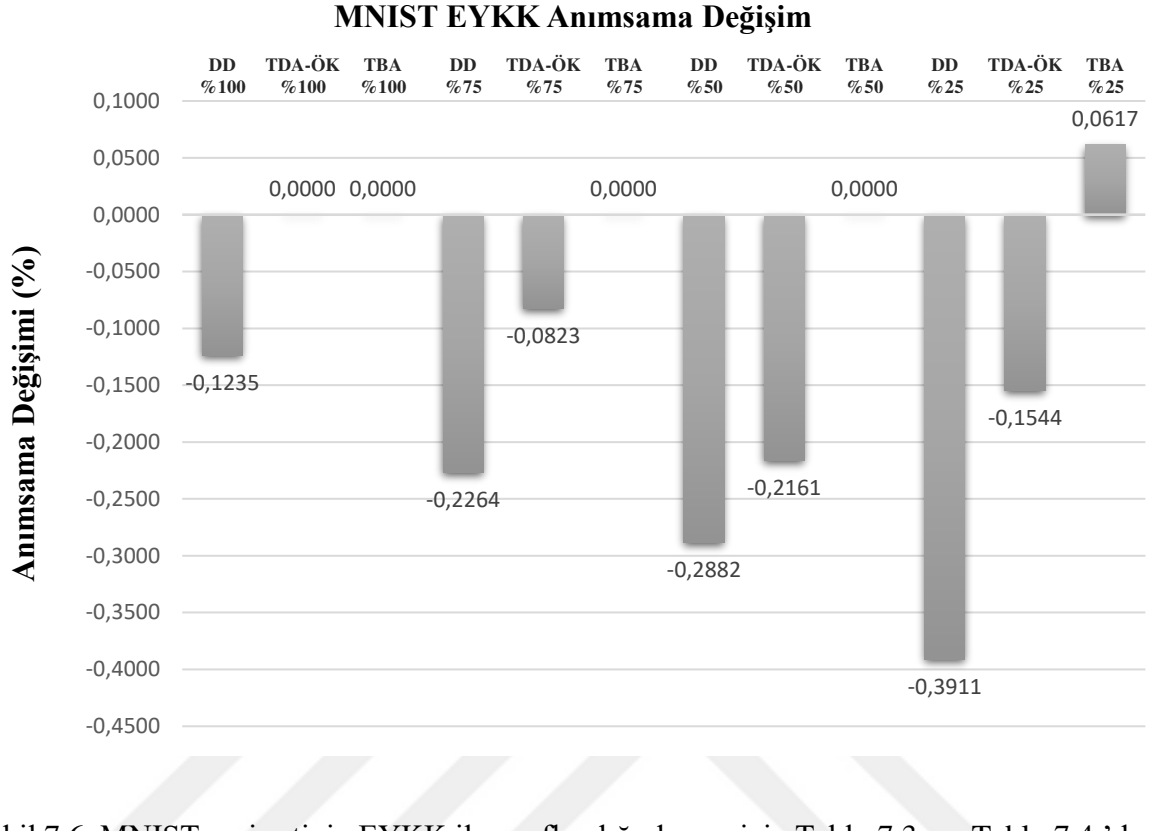


Şekil 7.4. MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.1. ve Tablo 7.2.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.

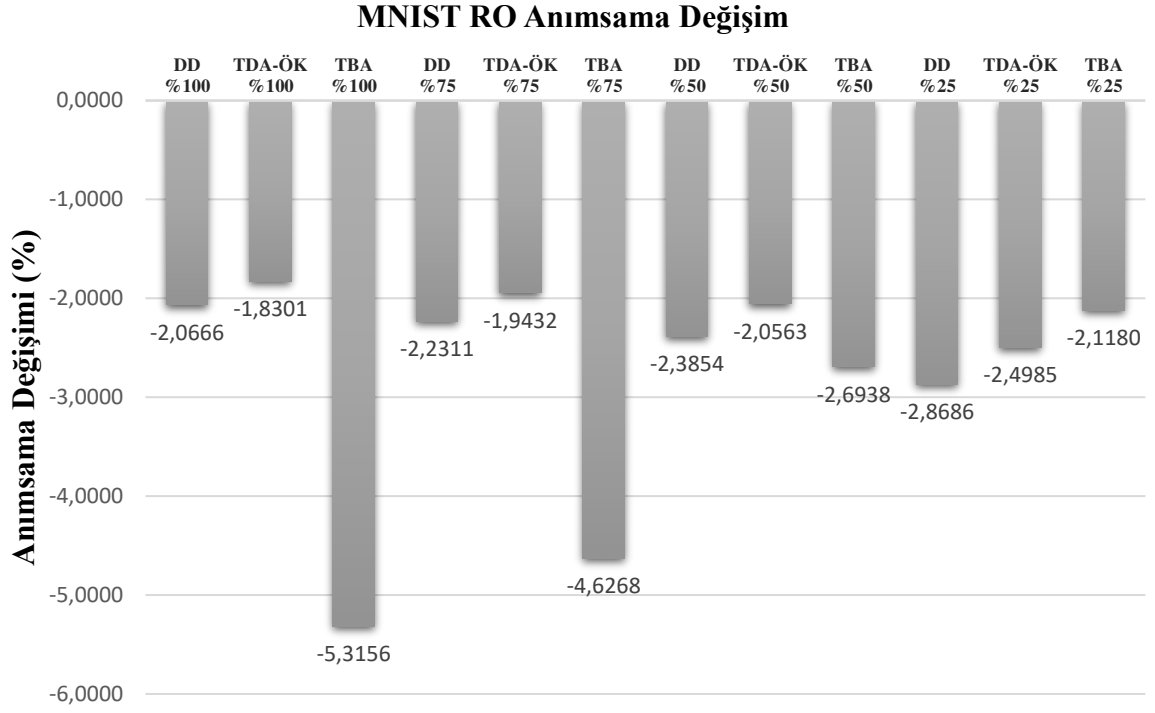


Şekil 7.5. MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.1. ve Tablo 7.2.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen

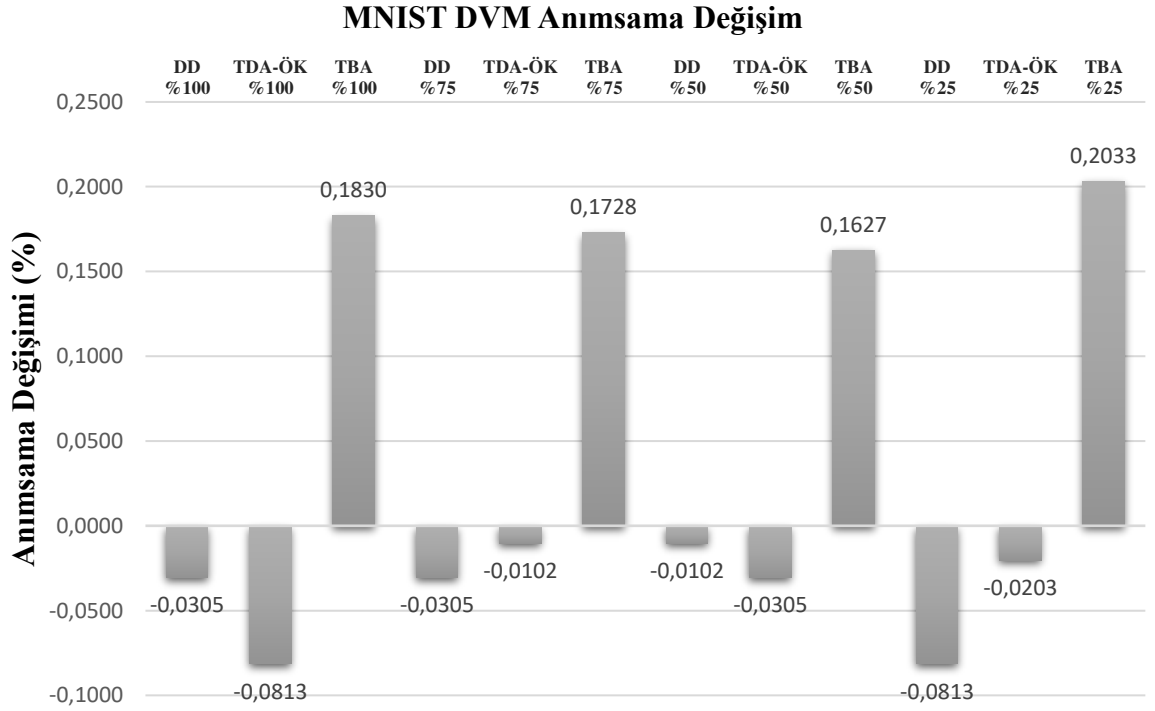
değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.6. MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.3. ve Tablo 7.4.’de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.7. MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.3. ve Tablo 7.4.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.8. MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.3. ve Tablo 7.4.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen

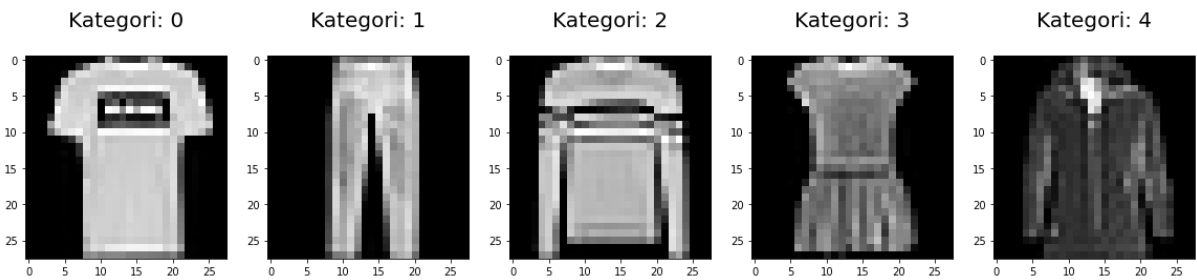
değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.

7.1.1. MNIST veri seti üzerindeki sıkıştırılmalı sınıflama uygulamasının sonuçları

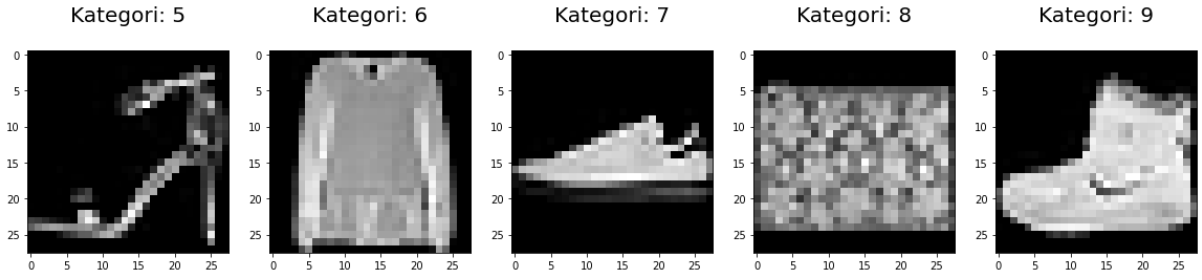
- MNIST veri seti üzerindeki sınıflama uygulamalarında TDA-ÖK literatürde bir yenilik olarak ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır.
- EYKK sınıflayıcı için TBA'nın deneysel olarak en iyi başarımı göstermesi TBA ile gerçekleştirilen boyut düşümünün veri bağımlı olduğu göz önüne alındığında beklendiği gibidir. Öte yandan TBA ile diğer uygulamaların arasındaki değişim farkının %0,5'in altında kalıyor olması ve uygulanan DD ve TDA-ÖK'nin veriden bağımsız olarak belirlendikleri göz önüne alındığında gerçekleştirme için gerekli işlem ekonomisi önem arz ettiğinde, salt DD ve TDA-ÖK TBA karşısında dikkate değer alternatiflerdir.
- EYKK sınıflayıcıda bu veri seti için TDA-ÖK'nin salt DD'den daha iyi başarımlar gösteriyor olması TDA'nın doğasından ötürüdür; salt DD uygulandığında kullanılan ölçüm matrisinin çarpanları olan matrisler düşünüldüğünde, başarımlar arasındaki farkın kuvvetle muhtemel sebebi, TDA-ÖK dönüşümde TDA tekil değer matrisini içermediği için eksenlerde ölçekleme yapmayıp eksenlerde salt döndürme etkisi olduğu, bundan dolayı da komşuluk ilişkisinde değişikliğe sebep olmamasıdır.
- RO yönteminin kesinlik ve anımsama başarımlarının tüm uygulamalar ve tüm m/N oranlarında azalıyor olmasının RO'nun kendisinin içerdiği işaret vektörü ögesi önceliklendirmesiyle kullanılan üç yöntemle uygulanan boyut düşümünün uyumsuzluğundan kaynaklı olması muhtemeldir. Literatürde de RO'nun TBA uygulanmış veri üzerindeki başarımının uygulanmamış duruma göre daha kötü olabileceğine dair örnek mevcuttur [148].
- DVM sınıflayıcıda TBA'nın veriye uygun olarak boyut azaltımı neticesinde sınıfların ayrışımının daha iyi yapılabilmesiyle birlikte yine burada da TBA ile diğer uygulamaların arasındaki değişim farkının %0,5'in altında kalıyor olmasından dolayı salt DD ve TDA-ÖK TBA karşısında göz ardı edilmemesi gereken alternatiflerdir.

7.2. Fashion MNIST Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırılmalı Sınıflama Uygulamasında Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama'nın Etkisi

Fashion MNIST [149] bir moda e-ticaret şirketi olan Zalando tarafından geliştirilmiştir, her biri için 7000 örnek olan 10 kategori içerir, eğitim kümesi 60.000, test kümesi de 10.000 örnek içerecek şekilde hazırlanmıştır, örnekler 28x28 piksellik gri skalasındaki imgelerdir. Kategoriler tişört, pantolon, kazak, elbise, palto, sandalet, gömlek/bluz, spor ayakkabı, çanta ve bot olarak sıralanır. Veri setindeki kategorilerden image örnekleri Şekil 7.9. ve Şekil 7.10.'da sunulmuştur. Bu çalışmada Fashion MNIST veri seti üzerinde kullanılan üç farklı sınıflayıcı (EYKK, RO ve DVM), grid araştırma yöntemi [147] 5-katlı çapraz geçerlilikle birlikte kullanılarak en iyilenmiş olup. Bu sınıflayıcılarla farklı sıkıştırma oranlarındaki TDA-ÖK uygulanmış ve uygulanmamış Gauss dağılımlı ölçüm matrisleri kullanılarak ve TBA uygulanarak SS uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Söz konusu uygulamaların neticesinde bulunan kesinlik değerleri Tablo 7.7. ve Tablo 7.8.'de, anımsama değerleri de Tablo 7.9. ve Tablo 7.10.'da, parantez içinde SÖ ölçüm matrisi uyum değerleriyle birlikte, yüzde olarak sunulmaktadır. Bu çalışmada karşılaştırılmak istenen TDA-ÖK'nın sınıflamaya etkisi olduğu için her üç sınıflayıcı Scikit-Learn yazılım kütüphanesindeki genel tanımlı özellikleriyle kullanılmış ve her sınıflayıcının sadece sınırlı sayıda değişkenleri üzerinde grid araştırma yapılmıştır. En iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri Tablo 7.11. ve Tablo 7.12.'de sunulmaktadır. TDA-ÖK'nın uygulandığı ve uygulanmadığı durumlarda elde edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin ve TBA uygulandığında elde edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin, DD'nin kullanılmadığı durumda elde edilen değerlere göre % değişimleri Şekil 7.11. - Şekil 7.16.'da yer almaktadır.



Şekil 7.9. Fashion MNIST veri setinden ilk beş giysi kategorisi için görüntü örnekleri.



Şekil 7.10. Fashion MNIST veri setinden diğer beş giysi kategorisi için görüntü örnekleri.

Tablo 7.7. Fashion MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

	m/N	%100			%75		
	DD Yok	Φ (0,16809)	TDA-ÖK (1,8E-8)	TBA	Φ (0,20244)	TDA-ÖK (0,19565)	TBA
EYKK	0,8605	0,8577	0,8605	0,8605	0,8581	0,8588	0,8596
RO	0,8769	0,8507	0,8482	0,8367	0,8454	0,8480	0,8509
DVM	0,9001	0,8917	0,8951	0,9025	0,8908	0,8938	0,9021

Tablo 7.8. Fashion MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

	m/N	%50			%25		
	DD Yok	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (0,16722)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	0,8605	0,8568	0,8557	0,8622	0,8555	0,8554	0,8641
RO	0,8769	0,8459	0,8483	0,8560	0,8407	0,8430	0,8620
DVM	0,9001	0,8893	0,8906	0,9048	0,8857	0,8873	0,9023

Tablo 7.9. Fashion MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N	%100			%75		
	DD Yok	Φ (0,16809)	TDA-ÖK (1,8E-8)	TBA	Φ (0,20244)	TDA-ÖK (0,19565)	TBA
EYKK	0,8577	0,8542	0,8577	0,8577	0,8552	0,8558	0,8567
RO	0,8780	0,8527	0,8503	0,8395	0,8478	0,8502	0,8530
DVM	0,9002	0,8920	0,8953	0,9027	0,8911	0,8941	0,9024

Tablo 7.10. Fashion MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N	%50			%25		
	DD Yok	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (0,16722)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	0,8577	0,8536	0,8523	0,8599	0,8525	0,8522	0,8626
RO	0,8780	0,8482	0,8500	0,8581	0,8434	0,8454	0,8638
DVM	0,9002	0,8895	0,8910	0,9050	0,8859	0,8875	0,9025

Tablo 7.11. Fashion MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).

		m/N	%100			%75		
Metod	Parametre	DD Yok	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (1,8E-8)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	"n_neighbors"	5	5	5	5	5	5	5
RO	"criterion"	entropy	entropy	entropy	gini	entropy	entropy	gini
	"n_estimators"	900	1000	800	1000	700	1000	800
DVM	"C"	10	10	10	10	10	10	10

Tablo 7.12. Fashion MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).

	m/N	%50			%25		
Metod	Parametre	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (0,16722)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	"n_neighbors"	5	5	5	5	5	7
RO	"criterion"	entropy	entropy	gini	entropy	entropy	gini
	"n_estimators"	900	400	1000	900	800	1000
DVM	"C"	10	10	10	10	10	10

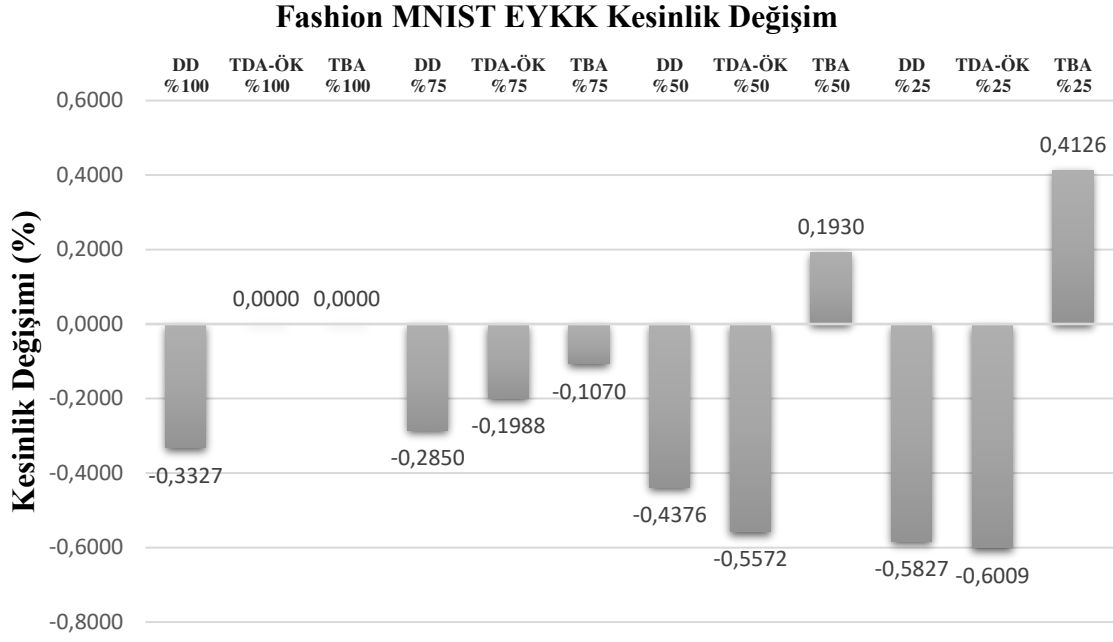
Tablo 7.7. - Tablo 7.10.'dan ve bu tablolarda yer alan değerlerin yüzdelik değişimlerinin yer aldığı 7.11. - Şekil 7.16.'dan gözleneceği gibi; DD uygulanmadan elde edilen değerlere göz atıldığında kesinlik ve anımsama açısından sınıflayıcıların başarımlarının sıralaması DVM, RO ve EYKK şeklindedir. Salt DD uygulandığında, TDA-ÖK uygulandığında ve TBA uygulandığında elde edilen sınıflama başarımlarının DD uygulanmadan elde edilen değerlere göre % değişimleri sınıflayıcı ve m/N oranı bağlamlarında farklılık göstermekle birlikte aşağıdaki çıkarımların yapılması mümkündür;

- EYKK ile sınıflama için, salt DD uygulandığında her m/N oranı için kesinlik ve anımsamanın % değişimi negatif kalmaktadır, salt DD için % değişimler arasında en iyi durum m/N oranı %75 olduğunda gözlenmektedir, akabinde daha da azalan m/N oranları için kesinlik ve anımsama başarımları düşmektedir.

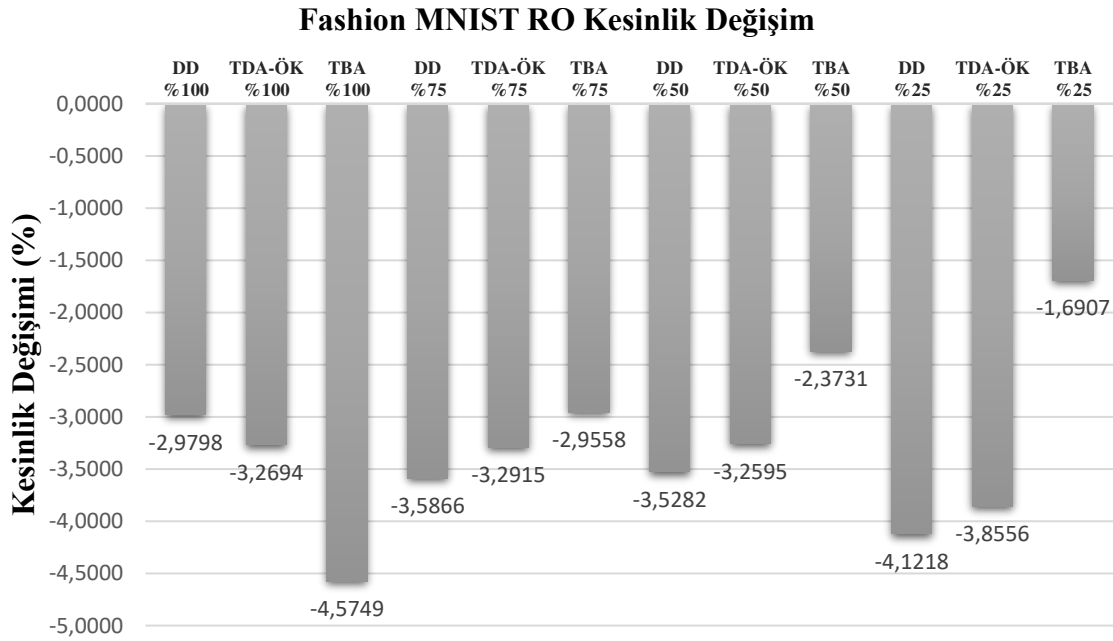
- EYKK ile sınıflama için, TDA-ÖK uygulandığında sadece m/N oranı %100 olduğunda kesinlik ve anımsamanın % değişimi 0 olmaktadır, azalan m/N oranları için kesinlik ve anımsama başarımları da düzenli olarak azalmaktadır.
- EYKK ile sınıflama için, salt DD ve TDA-ÖK uygulandığındaki başarımlar karşılaştırıldığında net bir davranış örüntüsü gözlenememektedir, %100 ve %75 m/N oranları için TDA-ÖK daha iyi sonuç vermekte olup, %50 ve %25 için salt DD uygulandığındaki başarımlar daha yüksektir. Bunun yanında her iki yöntemin aralarındaki fark m/N %100 için en büyük olup bu durumda dahi %0,33'dür, m/N %100 oranı uygulamada pek karşılaşılabilecek bir oran olmayı, dolayısıyla her iki yöntemin bu veri setinde EYKK için yaklaşık olarak benzer sonuçlar vermekte olduğu tespit edilebilir.
- EYKK ile sınıflama için, TBA uygulandığında sadece m/N oranı %100 olduğunda kesinlik ve anımsamanın % değişimi 0 olmaktadır, TBA için % değişimler arasında en kötü durum m/N oranı %75 olduğunda gözlenmektedir, akabinde daha da azalan m/N oranları için kesinlik ve anımsama başarımları artmaktadır. TBA'nın en iyi durumuyla diğer seçeneklerdeki en kötü değişim karşılaştırıldığında aralarındaki fark yaklaşık olarak %1'dir.
- EYKK ile sınıflama için, m/N oranı %75 olduğunda tüm uygulamalar için kesinlik ve anımsama başarımlarının azalıyor olması dikkat çekicidir. Bu m/N oranı için tüm uygulamaların hata matrisleri birlikte ele alındığında gözlenen, her üç uygulama için de 4. kategorinin (palto) 6. kategori (gömlek/bluz), 5. Kategorinin (sandalet) 7. kategori (spor ayakkabı), 6. kategorinin (gömlek/bluz) 2. (kazak) ve 3. (elbise) kategori, 7. kategorinin (spor ayakkabı) de 9. kategori (bot) olarak hatalı sınıflanma miktarının DD uygulanmadan gerçekleştirilen sınıflamadakinden daha fazla olduğudur. Özetle bu oran için sınıflamada 5 ortak kategorik kötüleşme noktası tespit edilmektedir, TBA dışarıda bırakıldığında bu oran için salt DD ve TDA-ÖK ortaklığındaki kategorik kötüleşme noktalarının sayısı 13'tür. Öte yandan TBA'nın daha iyi başarımlar gösterdiği %50 m/N oranı için her üçünde de ortak sınıflamada kategorik kötüleşme noktalarının sayısı 4 olarak gözlenmekle birlikte, bu oran için salt DD ve TDA-ÖK ortaklığındaki kategorik kötüleşme noktalarının sayısı 14 olup bunlardan 6 adeti %75 m/N oranındakilerle örtüşmektedir. Her üç uygulama için de hem %75 hem de %50 m/N oranlarındaki sınıflamada kategorik kötüleşmenin ortak

olduğu durum 4. kategorinin (palto) 6. kategori (gömlek/bluz) olarak daha fazla hatalı sınıflanmasıdır.

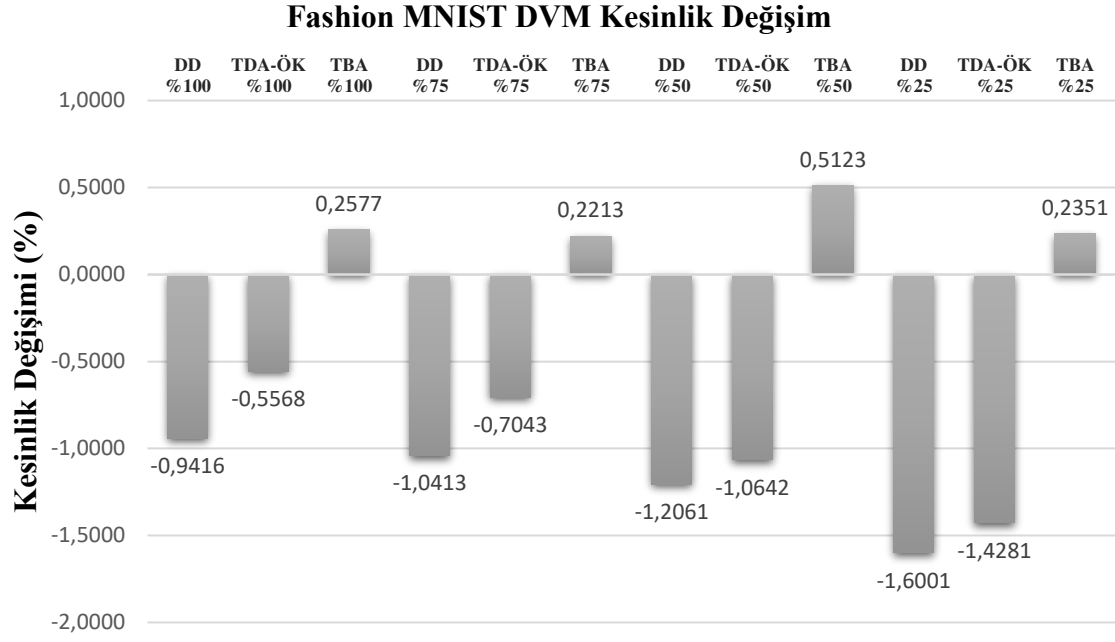
- RO ile sınıflama için ilk göze çarpan salt DD, TDA-ÖK ve TBA uygulamalarının hepsi için kesinlik ve anımsamadaki değişimin tüm m/N oranlarında negatif oluşudur. TBA %100 için en kötü sonucu vermekle birlikte %75-%25 için diğer iki yöntemle göre başarımları daha iyidir. Tüm m/N oranları için her üç yöntemin başarımları değişimi karşılaştırıldığında en az ve en çok değişim arasındaki fark %2,5'in altındadır.
- RO ile sınıflama için, salt DD ve TDA-ÖK uygulandığındaki başarımlar karşılaştırıldığında m/N %100 oranı haricinde TDA-ÖK salt DD'ye göre az da olsa daha iyi durumdadır. Bütün m/N oranları için bu iki yöntemin arasındaki fark %0,3'ün altında kalmakta olup, m/N %100 oranının uygulamada pek karşılaşılabilecek bir oran olmadığı da düşünüldüğünde, her iki yöntemin bu veri setinde RO için yaklaşık olarak benzer sonuçlar vermekte olduğu tespit edilebilir.
- DVM ile sınıflamada TBA her m/N oranı için kesinlik ve anımsama başarımlarını yükseltmekle birlikte bu artış kararlı bir eğilimde değildir. Bununla birlikte TBA ve diğer seçeneklerdeki en kötü değişim karşılaştırıldığında aralarındaki fark her durumda bu sınıflayıcı için de %1,85'in altında kalmaktadır.
- DVM ile sınıflamada TDA-ÖK uygulandığında gözlenen kesinlik ve anımsama başarımları salt DD uygulandığında gözlenenler ile karşılaştırıldığında TDA-ÖK istikrarlı olarak her m/N oranı için salt DD'den görece daha iyi kalmakta olup, aralarındaki değişim farkı her oran için %0,4'ün altındadır.
- Bu veri setinde gerçekleştirilmiş tüm SS uygulamalarında başarımlarının en çok azaldığı sınıflayıcı RO iken, EYKK'nın başarımlarındaki azalma miktarı RO'da görülene kıyasla oldukça azdır. DVM'nin ise tüm m/N oranlarında TBA ile performansının iyileştiği, salt DD ve TDA-ÖK içinse performans farkının %1,6'dan küçük kalan bir farkla yaklaşık olarak korunduğu söylenebilir.



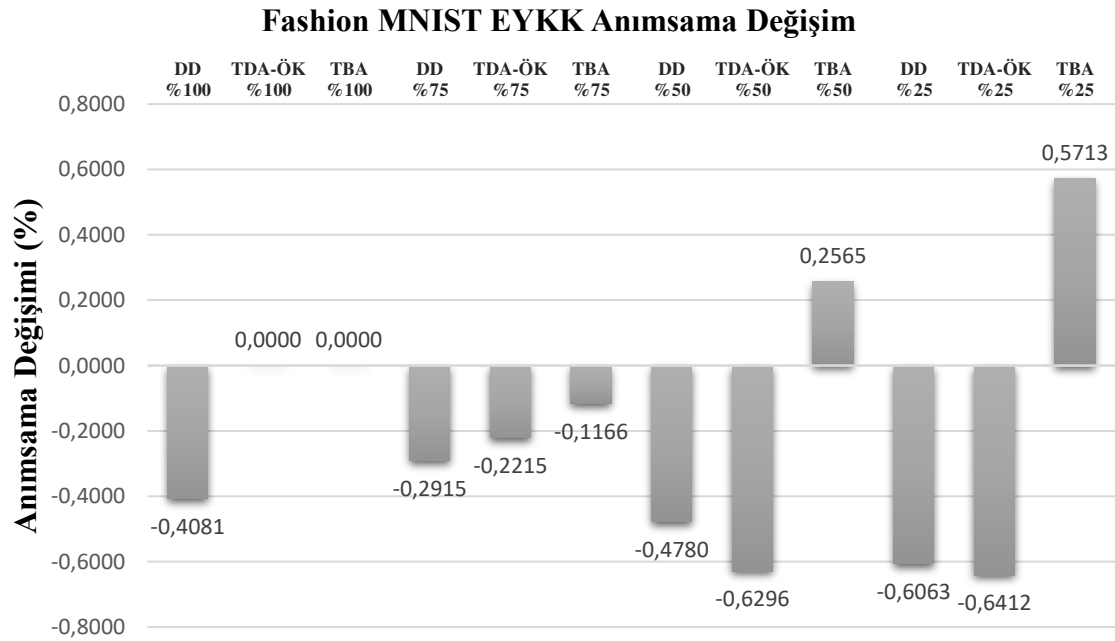
Şekil 7.11. Fashion MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.7. ve Tablo 7.8.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



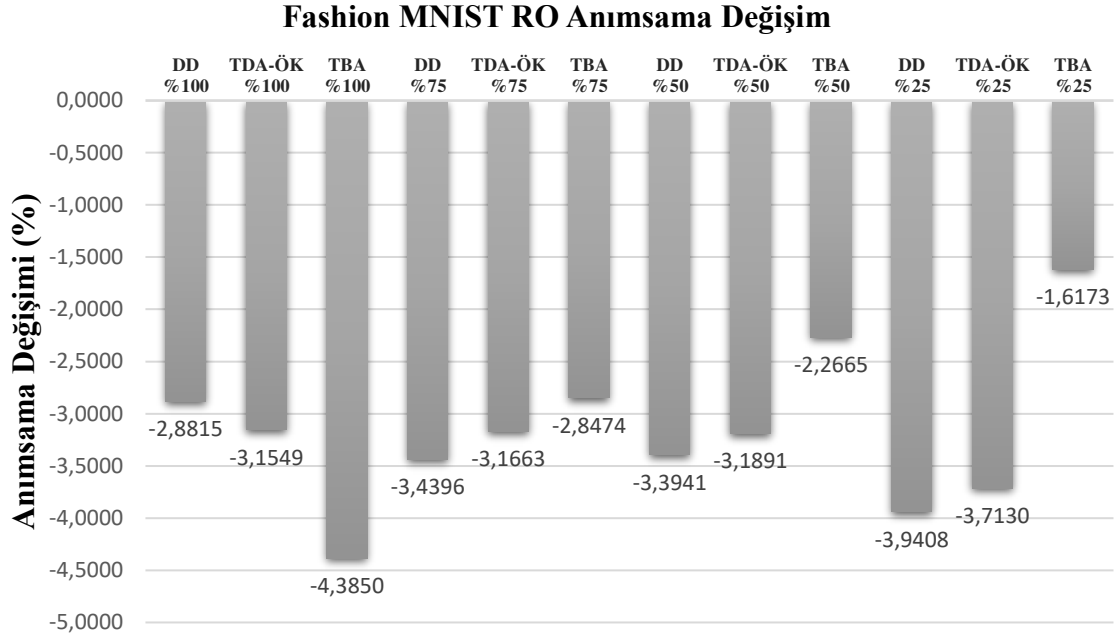
Şekil 7.12. Fashion MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.7. ve Tablo 7.8.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



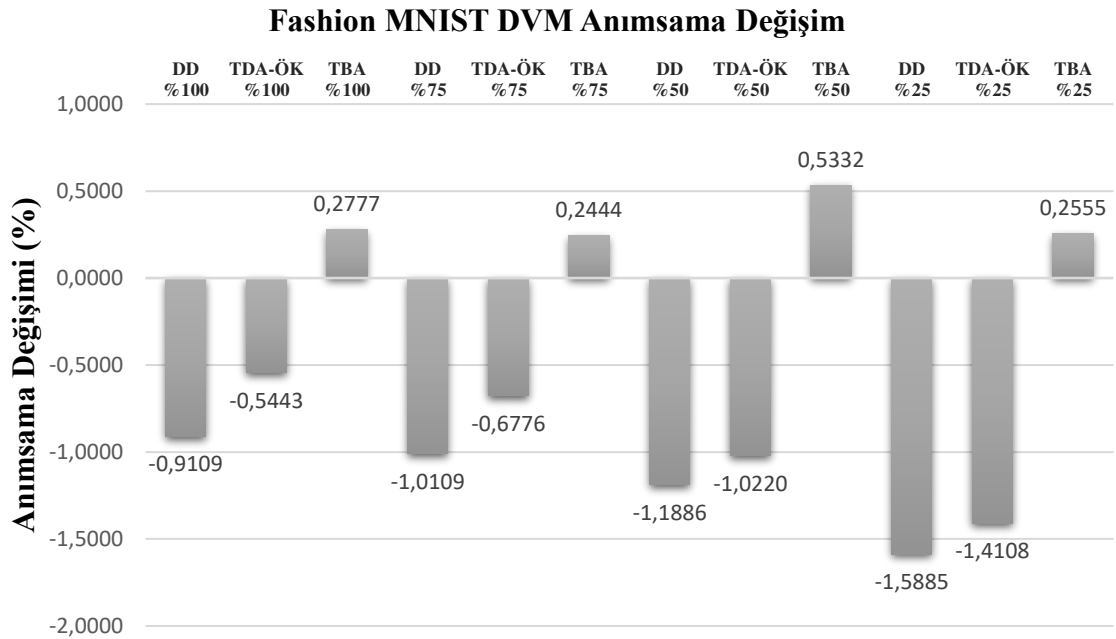
Şekil 7.13. Fashion MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.7. ve Tablo 7.8.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.14. Fashion MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.9. ve Tablo 7.10.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.15. Fashion MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.9. ve Tablo 7.10.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.16. Fashion MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.9. ve Tablo 7.10.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.

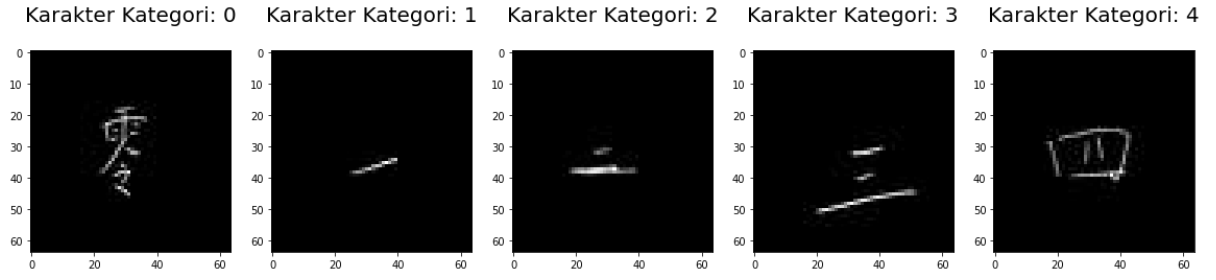
7.2.1. Fashion MNIST veri seti üzerindeki sıkıştırılmalı sınıflama uygulamasının sonuçları

- Fashion MNIST veri seti üzerindeki sınıflama uygulamalarında TDA-ÖK literatürde bir yenilik olarak ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır.
- Bu veri setindeki salt DD ve TDA-ÖK uygulamaları için MNIST veri setinde kullanılmış matrislerin aynıları kullanılmıştır. Bir veri setinden diğer bir veri setine geçişte veri bağımsız şekilde boyut düşümü gerçekleştirilebilmesi ve bu dönüşüm neticesinde en kötü durumda bile kesinlik ve anımsamadaki % başarımların değişiminin veri bağımlı yöntemlere göre %2,5'in altında kalıyor olması gerçekleştirme için gerekli işlem ekonomisinin önem arz ettiği durumlarda, salt DD ve TDA-ÖK'yı TBA karşısında dikkate değer alternatifler olarak konumlamaktadır.
- EYKK sınıflayıcı için TBA'nın, diğer m/N oranlarından farklı olarak m/N oranı %75 olduğunda başarımları yaklaşık %0,1 kadar düşüren davranışını incelediğimizde, sınıflamada 5. kategoriye (sandalet) 7. (spor ayakkabı) ve 9. (bot) kategorilerle daha çok karıştırmaya başladığını gözlemledik.
- EYKK sınıflamada TBA ile diğer uygulamaların arasındaki değişim farkının %1'in altında kalıyor olması bu veri setinde de salt DD ve TDA-ÖK'yı söz konusu sınıflama yöntemi bağlamında TBA karşısında dikkate değer alternatifler kılar.
- TDA-ÖK'nin EYKK ile sınıflamada salt DD'den daha kötü sonuç verdiği m/N %75 oranı için sınıflamadaki kategorik hatalar incelendiğinde bu oran için TDA-ÖK uygulanması neticesinde salt DD'den farklı olarak 2. (kazak) 3. (elbise) 6. (gömlek/bluz) ve 8. (çanta) kategorilerin 4. (palto) kategori olarak hatalı sınıflanmasının arttığını gözlemledik. Ayrıca yine TDA-ÖK için salt DD'den farklı olarak bu m/N oranı için 0. (tişört) ve 3. (elbise) kategorilerin 6. (gömlek/bluz) kategori olarak hatalı sınıflanması da artmaktadır.
- RO yönteminin kesinlik ve anımsama başarımlarının bu veri seti için de tüm uygulamalar ve tüm m/N oranlarında azalıyor olmasının RO'nun kendisinin içerdiği işaret vektörü ögesi önceliklendirmesiyle kullanılan üç yöntemle uygulanan boyut düşümünün uyumsuzluğundan kaynaklı olması muhtemeldir.
- DVM sınıflayıcıda TBA'nın veriye uygun olarak boyut azaltımı neticesinde sınıfların ayrışımının daha iyi yapılabildiği gözlenmektedir. Öte yandan DVM için salt DD'nin TDA-ÖK'ye göre az da olsa görece daha kötü çalışıyor olmasının sebebi olarak salt

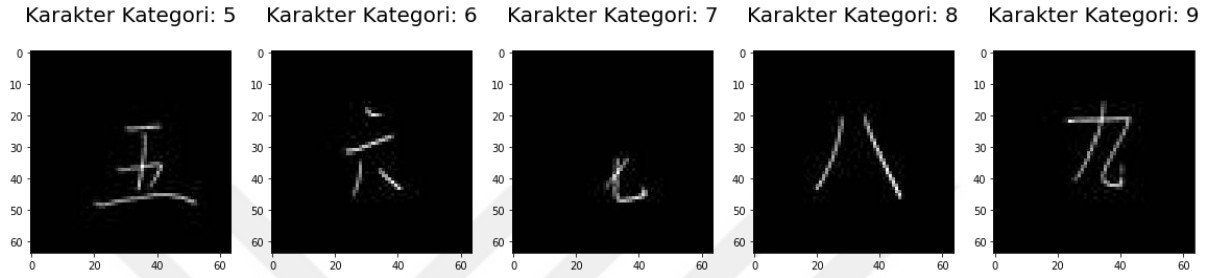
DD'nin eksenler üzerinde ölçekleme de yapması neticesinde DVM için kritik olan marjın etkilendiği düşünülebilir.

7.3. Chinese Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırılmalı Sınıflama Uygulamasında Tekil Değer Ayırışımına Dayalı Ön Koşullama'nın Etkisi

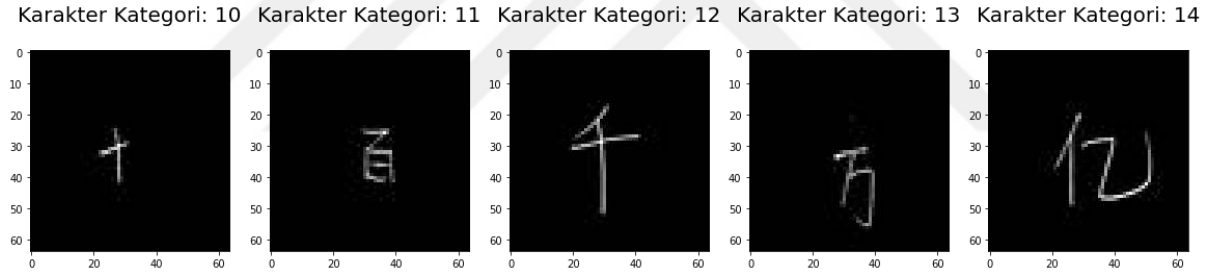
Çalışmada kullanılan Chinese MNIST [150] veri seti Kaggle'dan temin edilmiş olup gri skalasında, 64x64 piksel büyüklükteki 15000 adet imgeyi içermektedir. Söz konusu veri seti Newcastle Üniversitesi tarafından bir çerçeve proje kapsamında toplanan veri kullanılarak hazırlanmıştır [151]. Projede verinin toplanmasında 100 Çin vatandaşı yer almış olup, verinin oluşturulmasında her katılımcı Çince 15 sayıyı (sayılar ve sıralama karşılıkları Tablo 7.13'de sunulmuştur) beyaz bir A4 kağıdı üzerinde çizili 15 farklı yerden birine standart siyah mürekkepli kalemle yazmıştır. Bu süreç her katılımcı için 10 defa tekrarlanmış olup, elde edilen 15000 adet yazılı sayfa 300x300 piksellik çözünürlükte tarayıcıdan geçirilerek sayısala dönüştürülmüştür. Veri setinden kategorilerden imge örnekleri Şekil 7.17. - Şekil 7.19.'da sunulmuştur. Bu çalışmada 80:20 oranında eğitim ve test olarak ayrılmış Chinese MNIST veri seti üzerinde üç farklı sınıflayıcı (EYKK, RO ve DVM), grid araştırma yöntemi [147] 5-katlı çapraz geçerlilikle birlikte kullanılarak en iyilenmiş olup. Bu sınıflayıcılarla farklı sıkıştırma oranlarında TDA-ÖK uygulanmış ve uygulanmamış Gauss dağılımlı ölçüm matrisleri kullanılarak ve bu iki yöntemden ayrı olarak TBA kullanılarak SS uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Söz konusu uygulamaların neticesinde bulgular; kesinlik değerleri Tablo 7.14. ve Tablo 7.15.'de, anımsama değerleri de Tablo 7.16. ve Tablo 7.17.'de, parantez içinde SÖ ölçüm matrisi uyum değerleriyle birlikte, yüzde olarak sunulmaktadır. Bu uygulamada karşılaştırılmak istenen TDA-ÖK'nın sınıflamaya etkisi olduğu için her üç sınıflayıcı Scikit-Learn yazılım kütüphanesindeki genel tanımlı özellikleriyle kullanılmış olup her sınıflayıcının sadece sınırlı sayıda değişkenleri üzerinde grid araştırma yapılmıştır. En iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri Tablo 7.18. ve Tablo 7.19.'da sunulmaktadır. TDA-ÖK'nın uygulandığı ve uygulanmadığı durumlarda elde edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin ve TBA uygulandığında elde edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin, DD'nin kullanılmadığı durumda elde edilen değerlere göre % değişimleri Şekil 7.20.- Şekil 7.25.'de yer almaktadır.



Şekil 7.17. Chinese MNIST veri setinden 0.-4. kategori sayı karakterleri için görüntü örnekleri.



Şekil 7.18. Chinese MNIST veri setinden 5.-9. kategori sayı karakterleri için görüntü örnekleri.



Şekil 7.19. Chinese MNIST veri setinden 10.-14. kategori sayı karakterleri için görüntü örnekleri.

Tablo 7.13. Chinese MNIST veri seti kategori – sayı karşılıkları.

Kategori	Sayı
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	100
12	1000
13	10000
14	100000000

Tablo 7.14. Chinese MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

	m/N	%100			%75		
	DD Yok	Φ (0,08307)	TDA-ÖK (2,3E-8)	TBA	Φ (0,09562)	TDA-ÖK (0,08137)	TBA
EYKK	0,6142	0,6104	0,6142	0,6142	0,6091	0,6137	0,6142
RO	0,6814	0,6268	0,6277	0,4882	0,6207	0,6217	0,5029
DVM	0,7900	0,7904	0,7891	0,7920	0,7914	0,7917	0,7917

Tablo 7.15. Chinese MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

	m/N	%50			%25		
	DD Yok	Φ (0,12465)	TDA-ÖK (0,07970)	TBA	Φ (0,17230)	TDA-ÖK (0,08474)	TBA
EYKK	0,6142	0,6097	0,6164	0,6141	0,6001	0,5997	0,6244
RO	0,6814	0,6133	0,6278	0,5204	0,6025	0,6127	0,5969
DVM	0,7900	0,7875	0,7887	0,7921	0,7751	0,7865	0,7986

Tablo 7.16. Chinese MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N	%100			%75		
	DD Yok	Φ (0,08307)	TDA-ÖK (2,3E-8)	TBA	Φ (0,09562)	TDA-ÖK (0,08137)	TBA
EYKK	0,4867	0,4857	0,4857	0,4857	0,4843	0,4850	0,4867
RO	0,6743	0,6070	0,6083	0,4577	0,6033	0,6030	0,4733
DVM	0,7877	0,7880	0,7867	0,7890	0,7890	0,7887	0,7887

Tablo 7.17. Chinese MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N	%50			%25		
	DD Yok	Φ (0,12465)	TDA-ÖK (0,07970)	TBA	Φ (0,17230)	TDA-ÖK (0,08474)	TBA
EYKK	0,4867	0,4920	0,4907	0,4867	0,4813	0,4800	0,5020
RO	0,6743	0,6003	0,6087	0,5000	0,5883	0,5967	0,5807
DVM	0,7877	0,7850	0,7860	0,7890	0,7733	0,7853	0,7960

Tablo 7.18. Chinese MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).

Metod	Parametre	m/N	%100			%75		
		DD Yok	Φ (0,08307)	TDA-ÖK (2,3E-8)	TBA	Φ (0,09562)	TDA-ÖK (0,08137)	TBA
EYKK	"n_neighbors"	3	3	3	3	3	3	3
RO	"criterion"	gini	entropy	entropy	gini	entropy	entropy	gini
	"n_estimators"	1000	1000	900	1000	1000	1000	1000
DVM	"C"	10	10	10	10	10	10	10

Tablo 7.19. Chinese MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).

Metod	Parametre	m/N	%50			%25		
			Φ (0,12465)	TDA-ÖK (0,07970)	TBA	Φ (0,17230)	TDA-ÖK (0,08474)	TBA
EYKK	"n_neighbors"		3	3	3	3	3	3
RO	"criterion"		entropy	entropy	gini	entropy	entropy	gini
	"n_estimators"		1000	1000	1000	900	1000	900
DVM	"C"		10	10	10	10	10	10

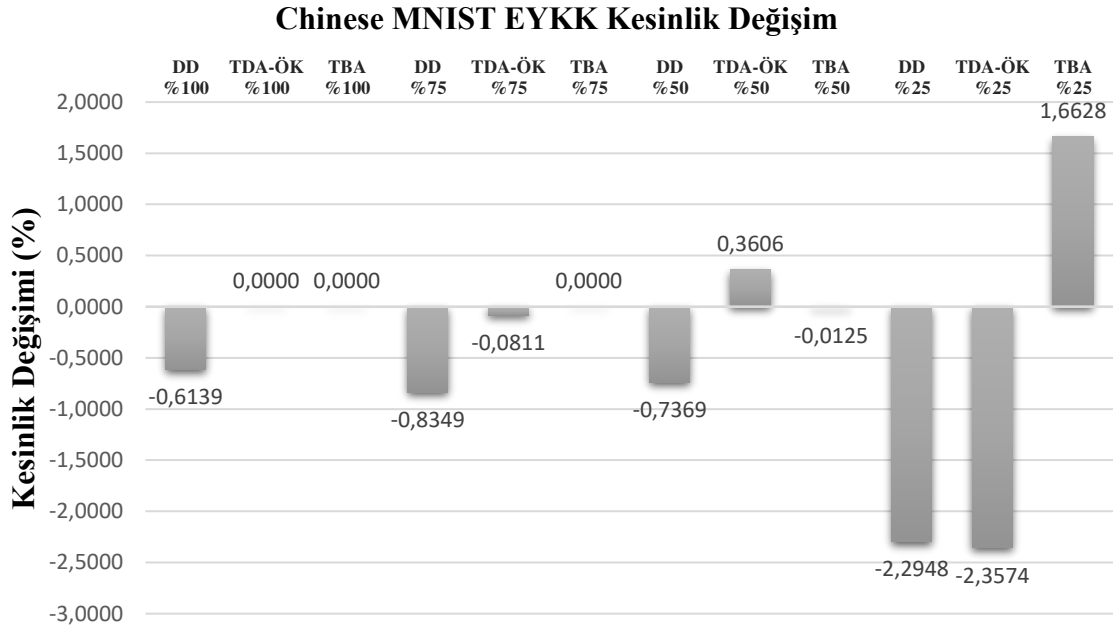
Tablo 7.14. - Tablo 7.17.'den ve bu tablolarda yer alan değerlerin yüzdelik değişimlerinin yer aldığı Şekil 7.20. - 7.25.'den gözleneceği gibi; DD uygulanmadan elde edilen değerlere göz atıldığında kesinlik ve anımsama açısından sınıflayıcıların başarım

sıralaması DVM, RO ve EYKK şeklindedir. Salt DD uygulandığında, TDA-ÖK uygulandığında ve TBA uygulandığından elde edilen sınıflama başarımlarının DD uygulanmadan elde edilen değerlere göre % değişimleri sınıflayıcı ve m/N oranı bağlamlarında farklılık göstermekle birlikte aşağıdaki çıkarımların yapılması mümkündür;

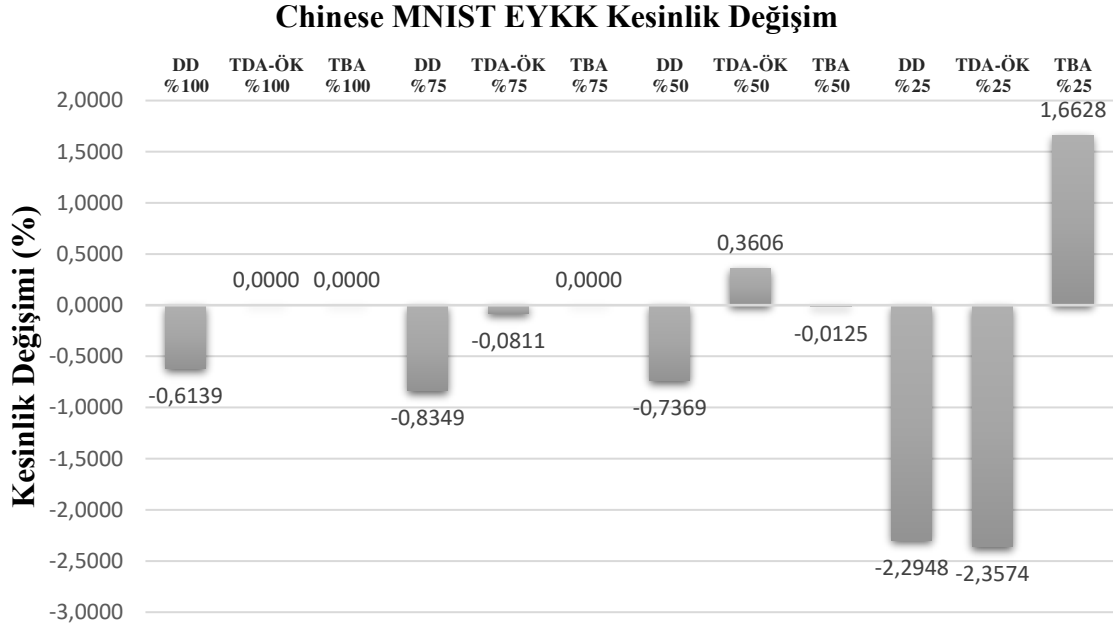
- EYKK ile sınıflama için, salt DD uygulandığında her m/N oranı için kesinliğin % değişimi negatif kalmaktadır, salt DD için en iyi durum m/N oranı %100 olduğunda gözlenmektedir, %100 oranı gerçek hayatta karşılaşılmaması güç bir oran olduğu için bu duruma yüksek önem atfetmemek mümkündür, ikinci en iyi durum %50 oranı için olup, en kötü başarımlar da %25 oranı için elde edilmiştir. Salt DD uygulandığında anımsamanın farklı m/N değerlerindeki % değişimi dikkat çekicidir, %100 için diğer tüm uygulamalarla birlikte negatif yönde bir değişim gözlenmektedir, %75 için de değişim negatiftir, fakat %50 oranı için sadece pozitif bir başarımlar değişimi gözlenmeyip diğer iki uygulamadan da daha iyi bir sonuç elde edilmektedir. m/N oranı %25'e düştüğünde anımsama için negatif yönde en büyük değişim elde edilmekle birlikte, bu m/N oranı için başarımlar yine de TDA-ÖK'nin üstünde kalmaktadır.
- EYKK için TDA-ÖK'nin durumu %100 için kesinliğin değişmemesi ve anımsamanın kötüleşmesi dışında diğer oranlarda kesinlik ve anımsama için paralellik arz etmektedir, m/N %50 olduğunda diğer iki uygulamadan farklı olarak hem kesinlik hem de anımsama başarımlarında artım gözlenmektedir.
- TBA'nın EYKK ile sınıflamadaki durumu m/N %100 için anımsamadaki düşüş göz ardı edildiğinde başarımların yaklaşık olarak korunumu ve m/N %25 için kesinlik ve anımsamanın her ikisinde de pozitif değişim sergilenmesi olarak gözlenmektedir. m/N %25 için durum MNIST ve Fashion MNIST için yapılmış gözlemlerle de örtüşmektedir.
- EYKK için m/N'nin %25 oranı dışında başarımların her üç uygulama altında da yaklaşık olarak korunmakta olduğu tespiti yapılabilir, %25 içinse TBA ve diğer uygulamaların en kötü neticesinin aralarındaki % başarımlar farkı kesinlik için %4'ün, anımsama için de %4,5'in altındadır.
- RO ile sınıflama için ilk göze çarpan salt DD, TDA-ÖK ve TBA uygulamalarının hepsi için kesinlik ve anımsamadaki değişimin tüm m/N oranlarında negatif oluşudur. TBA'nın tüm oranlar için diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında göz ardı edilemeyecek kadar kötü sonuç verdiği söylenebilir. Salt DD ve TDA-ÖK uygulamalarının kesinlik ve anlama başarımlarının durumları genelde az bir farkla da

olsa TDA-ÖK lehine olup sadece anımsamada m/N %75 oranı için salt DD TDA-ÖK'ye göre başarımı daha az düşürmektedir, elde edilen sonuçlara göre aralarındaki farkın her oran için göz ardı edilebilecek kadar az olduğu tespit edilebilir.

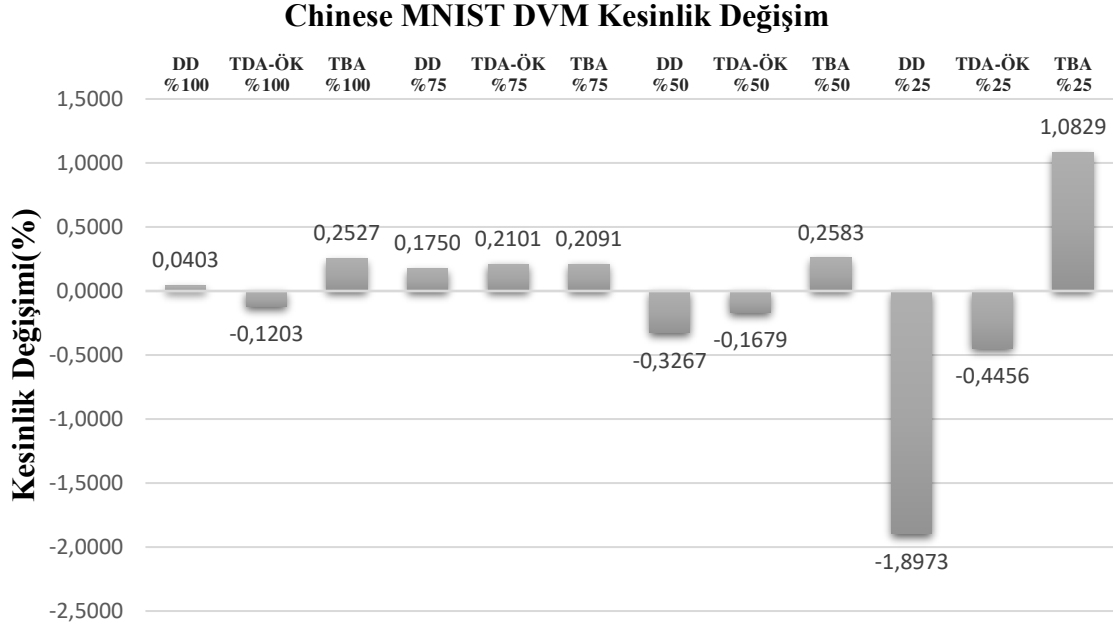
- DVM ile sınıflama için TBA her m/N oranı için kesinlik ve anımsama başarımlarını arttırma yönünde etki etmektedir, yine bu yöntem için de kesinlik ve anımsama başarımlarına pozitif yönde en büyük katkısı m/N %25 oranı için gözlenmektedir.
- Salt DD ve TDA-ÖK'nin DVM ile sınıflamadaki durumları m/N %100 oranı haricinde TDA-ÖK lehinedir, azalan m/N oranları içinse bu fark dikkate değer şekilde artmaktadır.
- DVM için m/N'nin %75 oranı dışında her üç uygulamanın da başarıma pozitif katkı sağladığı bir oran mevcut değildir, %25 hariç her m/N oranı için en iyi ve en kötü değişim arasındaki fark %0,5'in altında olup %25 için de %3'ün altındadır.



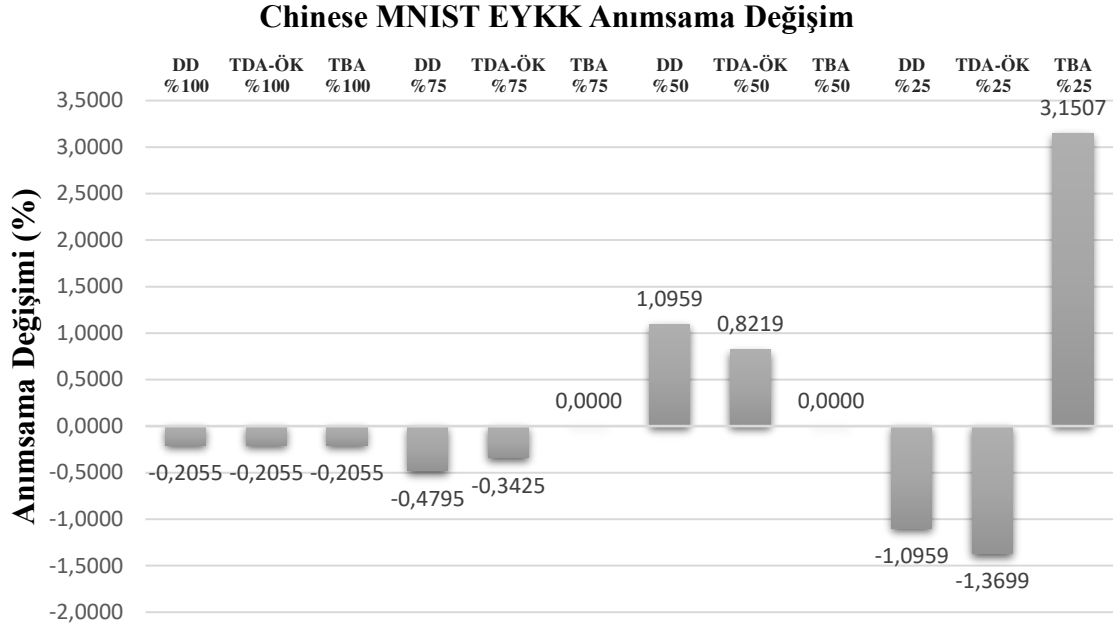
Şekil 7.20. Chinese MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.14. ve Tablo 7.15.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



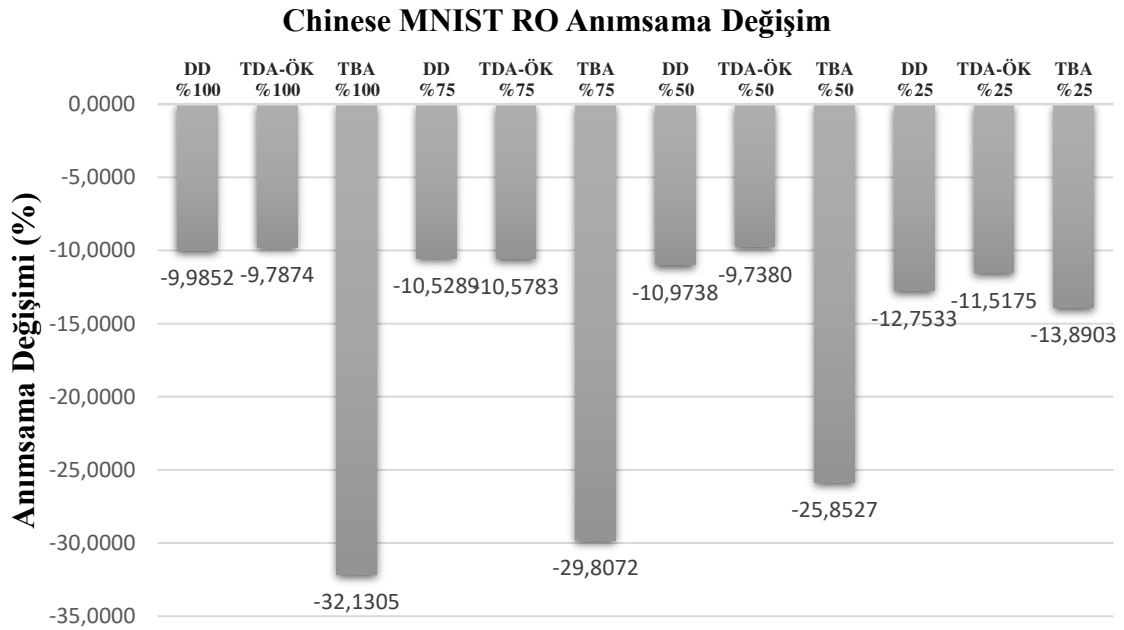
Şekil 7.21. Chinese MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.14. ve Tablo 7.15.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



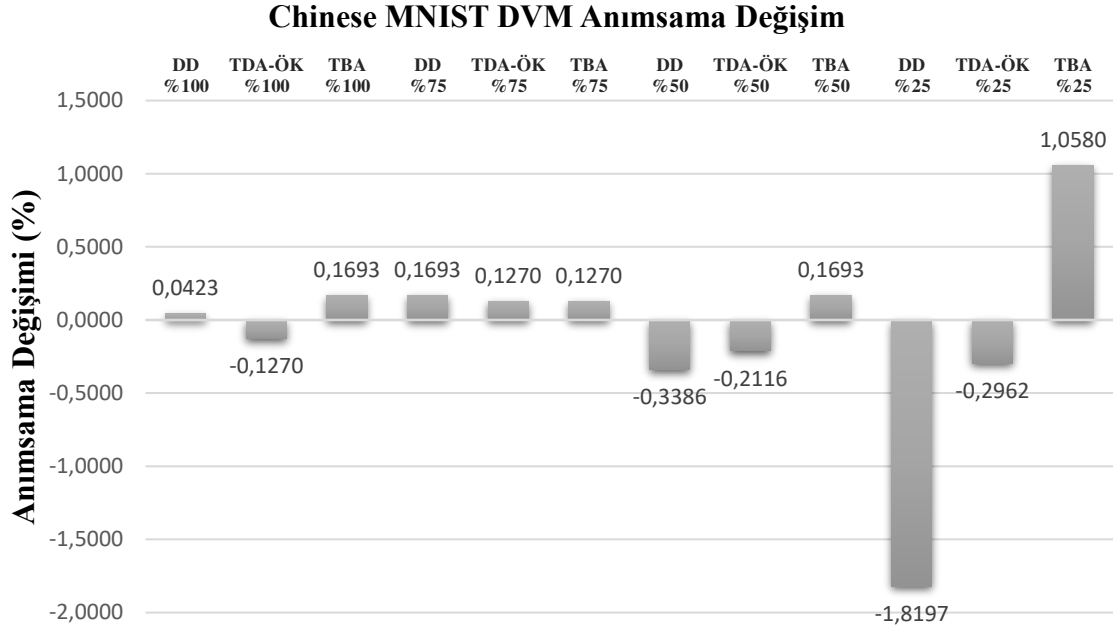
Şekil 7.22. Chinese MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.14. ve Tablo 7.15.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.23. Chinese MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.16. ve Tablo 7.17.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.24. Chinese MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.16. ve Tablo 7.17.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.25. Chinese MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.16. ve Tablo 7.17.’de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre %değişimi.

7.3.1. Chinese MNIST veri seti üzerindeki sıkıştırılmalı sınıflama uygulamasının sonuçları

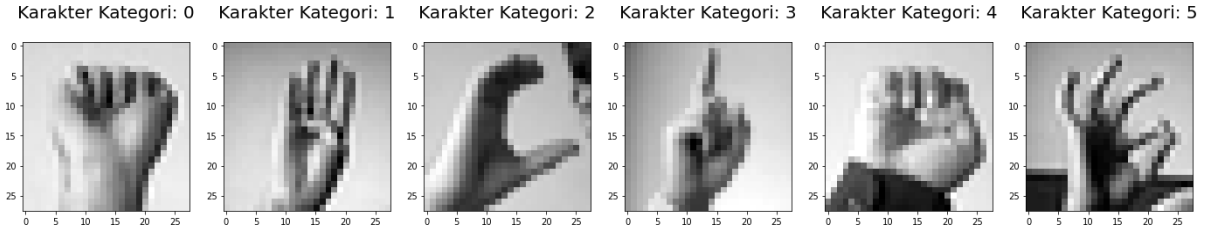
- Chinese MNIST veri seti üzerindeki sınıflama uygulamalarında TDA-ÖK literatürde bir yenilik olarak ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır.
- EYKK sınıflayıcı için TDA-ÖK’nın m/N’nin %50 oranı için diğer üç uygulamadan farklı olarak başarımı iyileştiriyor olması dikkat çekicidir, bununla birlikte TBA %25 oranı için diğer iki uygulamadan daha iyi sonuç vermektedir.
- TDA-ÖK’nın EYKK ile sınıflamada salt DD’den daha kötü sonuç verdiği tek oran olan m/N %25 için aralarındaki fark yaklaşık olarak %0,26 olup göz ardı edilebilecek kadar küçük kabul edilebilir.
- RO yönteminin kesinlik ve anımsama başarımlarının bu veri seti için de tüm uygulamalar ve tüm m/N oranlarında azalıyor olmasının RO’nun kendisinin içerdiği işaret vektörü ögesi önceliklendirmesiyle kullanılan üç yöntemle uygulanan boyut düşümünün uyumsuzluğundan kaynaklı olması muhtemeldir.

- DVM sınıflayıcıda TBA'nın veriye uygun olarak boyut azaltımı neticesinde sınıfların ayrışımının m/N %75 oranı haricinde TBA tarafından daha iyi yapılabildiği gözlenmektedir, %75 için tüm uygulamaların % değişimi pozitif olup birbirine oldukça yakındır. Öte yandan %50 ve %25 m/N oranları için kesinlik ve anımsamanın % değişimleri göz önüne alındığında uygulamaların başarımları TBA, TDA-ÖK ve salt DD olarak sıralanmaktadır.

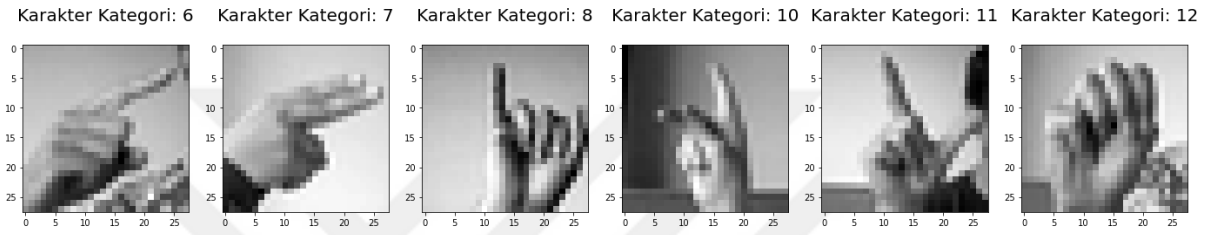
7.4. Sign MNIST Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırılmalı Sınıflama Uygulamasında Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama'nın Etkisi

Çalışmada kullanılan Sign MNIST [152] veri seti Kaggle'dan temin edilmiş olup gri skalasında, 28x28 piksel büyüklükteki imgeleri içermektedir; imgelerin eğitim ve test kümesi olarak sayıları sırasıyla 27.455 ve 7.172'dir. Orijinal el işareti veri seti farklı kişilerin el işaretlerinin değişik geri planlarda kaydedilmesiyle oluşturulmuştur [153], Kaggle'da yer alan veri seti 1704 imgenin ImageMagic kullanarak kesilmesi, gri skalaya dönüştürülmesi ve sayıyı arttırmak için 50+ farklı şekilde ('Mitchell', 'Robidoux', 'Catrom', 'Spline', 'Hermite' filtreler kullanılarak filtrelenmesi, %5 rasgele piksellenmesi, $\pm\%15$ parlaklık/keskinlik değişimi, 3 derece döndürme gibi) değişikliğe uğratılmasıyla elde edilmiştir. Veri setinden kategorilerden imge örnekleri Şekil 7.26. - Şekil 7.29.'da sunulmuştur, 9. işaret hareket gerektirdiği için veri seti içinde mevcut değildir, söz konusu durum sunulmuş hata tablolarından da gözlenebilir. Bu çalışmada 80:20 oranında eğitim ve test olarak ayrılmış Sign MNIST veri seti üzerinde üç farklı sınıflayıcı (EYKK, RO ve DVM), grid araştırma yöntemi [147] 5-katlı çapraz geçerlilikle birlikte kullanılarak en iyilenmiş olup. Bu sınıflayıcılarla farklı sıkıştırma oranlarında TDA-ÖK uygulanmış ve uygulanmamış Gauss dağılımlı ölçüm matrisleri kullanılarak ve bu iki yöntemden ayrı olarak TBA kullanılarak SS uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Söz konusu uygulamaların neticesinde bulgularan; kesinlik değerleri Tablo 7.20. ve Tablo 7.21.'de, anımsama değerleri de Tablo 7.22. ve Tablo 7.23.'de, parantez içinde SÖ ölçüm matrisi uyum değerleriyle birlikte, yüzde olarak sunulmaktadır. Bu uygulamada karşılaştırılmak istenen TDA-ÖK'nın sınıflamaya etkisi olduğu için her üç sınıflayıcı Scikit-Learn yazılım kütüphanesindeki genel tanımlı özellikleriyle kullanılmış olup her sınıflayıcının sadece sınırlı sayıda değişkenleri üzerinde grid araştırma yapılmıştır. En iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri Tablo 7.24. ve Tablo 7.25.'de sunulmaktadır. TDA-ÖK'nın uygulandığı ve uygulanmadığı durumlarda elde

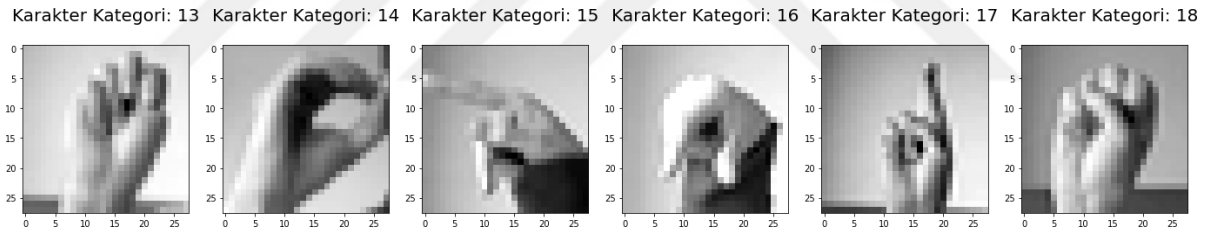
edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin ve TBA uygulandığında elde edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin, DD'nin kullanılmadığı durumda elde edilen değerlere göre % değişimleri Şekil 7.30. - Şekil 7.35.'de yer almaktadır.



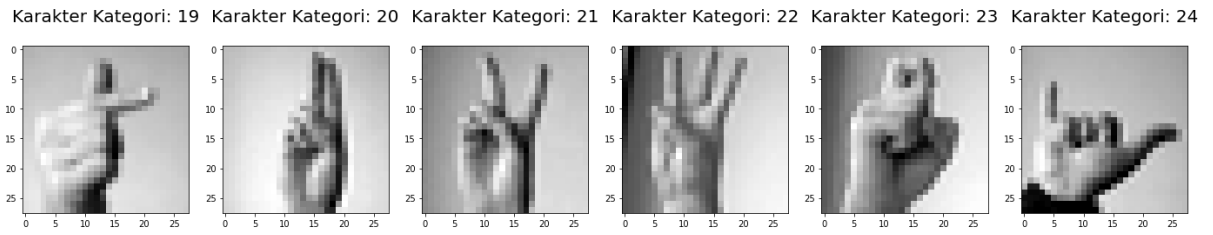
Şekil 7.26. Sign MNIST veri setinden 0.-5. kategori el işaretleri için görüntü örnekleri.



Şekil 7.27. Sign MNIST veri setinden 6.-12. kategori el işaretleri için görüntü örnekleri; 9. işaret veri setinde yer almamaktadır.



Şekil 7.28. Sign MNIST veri setinden 12.-17. kategori el işaretleri için görüntü örnekleri.



Şekil 7.29. Sign MNIST veri setinden 18.-23. kategori el işaretleri için görüntü örnekleri.

Tablo 7.20. Sign MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

	m/N	%100			%75		
	DD Yok	Φ (0,16809)	TDA-ÖK (1,8e-8)	TBA	Φ (0,20244)	TDA-ÖK (0,19565)	TBA
EYKK	0,8279	0,8276	0,8279	0,8279	0,8276	0,8268	0,8278
RO	0,8544	0,8008	0,7989	0,5564	0,7986	0,8148	0,5822
DVM	0,8508	0,8083	0,8168	0,8519	0,8041	0,8130	0,8519

Tablo 7.21. Sign MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

	m/N	%50			%25		
	DD Yok	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (0,16722)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	0,8279	0,8277	0,8264	0,8290	0,8207	0,8211	0,8321
RO	0,8544	0,7924	0,8048	0,5185	0,7781	0,7926	0,6329
DVM	0,8508	0,8070	0,8155	0,8512	0,7911	0,7857	0,8543

Tablo 7.22. Sign MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N	%100			%75		
	DD Yok	Φ (0,16809)	TDA-ÖK (1,8e-8)	TBA	Φ (0,20244)	TDA-ÖK (0,19565)	TBA
EYKK	0,8080	0,8102	0,8080	0,8080	0,8107	0,8049	0,8080
RO	0,8318	0,7805	0,7759	0,5517	0,7723	0,7868	0,5813
DVM	0,8371	0,7946	0,8037	0,8390	0,7922	0,8001	0,8390

Tablo 7.23. Sign MNIST veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N	%50			%25		
	DD Yok	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (0,16722)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	0,8080	0,8094	0,8052	0,8093	0,8006	0,8027	0,8122
RO	0,8318	0,7655	0,7832	0,5107	0,7540	0,7642	0,6213
DVM	0,8371	0,7932	0,8049	0,8380	0,7803	0,7720	0,8423

Tablo 7.24. Sign MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).

Metod	Parametre	m/N	%100			%75		
		DD Yok	Φ (0,16809)	TDA-ÖK (1,8e-8)	TBA	Φ (0,20244)	TDA-ÖK (0,19565)	TBA
EYKK	"n_neighbors"	3	3	3	3	3	3	3
RO	"criterion"	gini	entropy	gini	gini	gini	entropy	gini
	"n_estimators"	500	400	300	50	1000	300	50
DVM	"C"	10	100	100	10	100	100	10

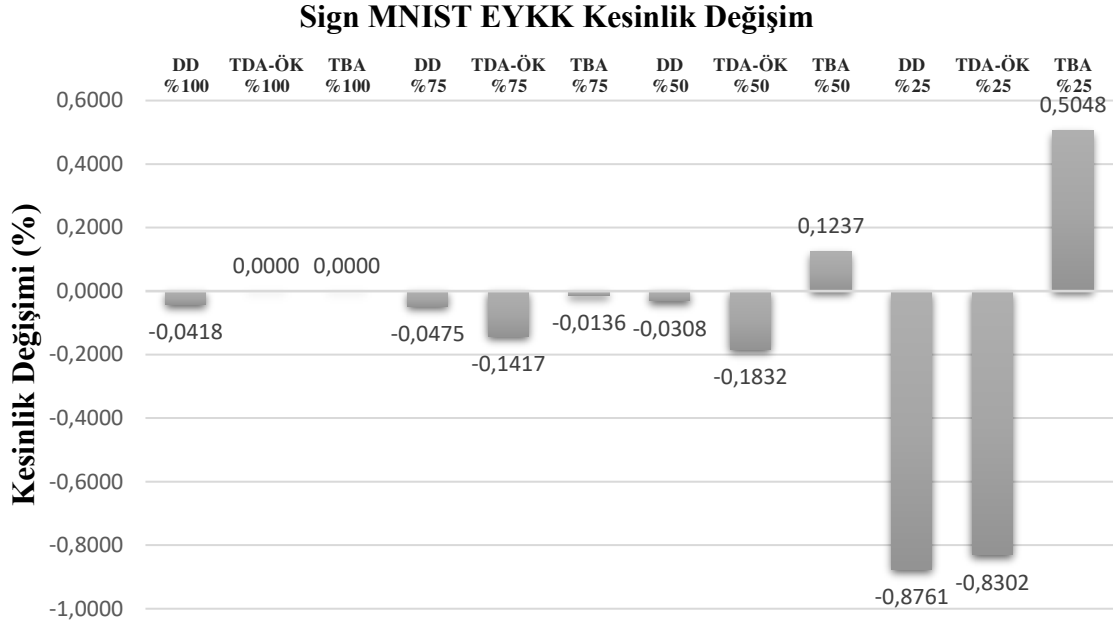
Tablo 7.25. Sign MNIST veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).

	m/N	%50			%25		
Metod	Parametre	Φ (0,23282)	TDA-ÖK (0,16722)	TBA	Φ (0,32025)	TDA-ÖK (0,17084)	TBA
EYKK	“n_neighbors”	3	3	3	3	3	3
RO	"criterion"	entropy	entropy	gini	entropy	entropy	gini
	"n_estimators"	1000	600	20	700	500	20
DVM	“C”	100	100	10	100	100	10

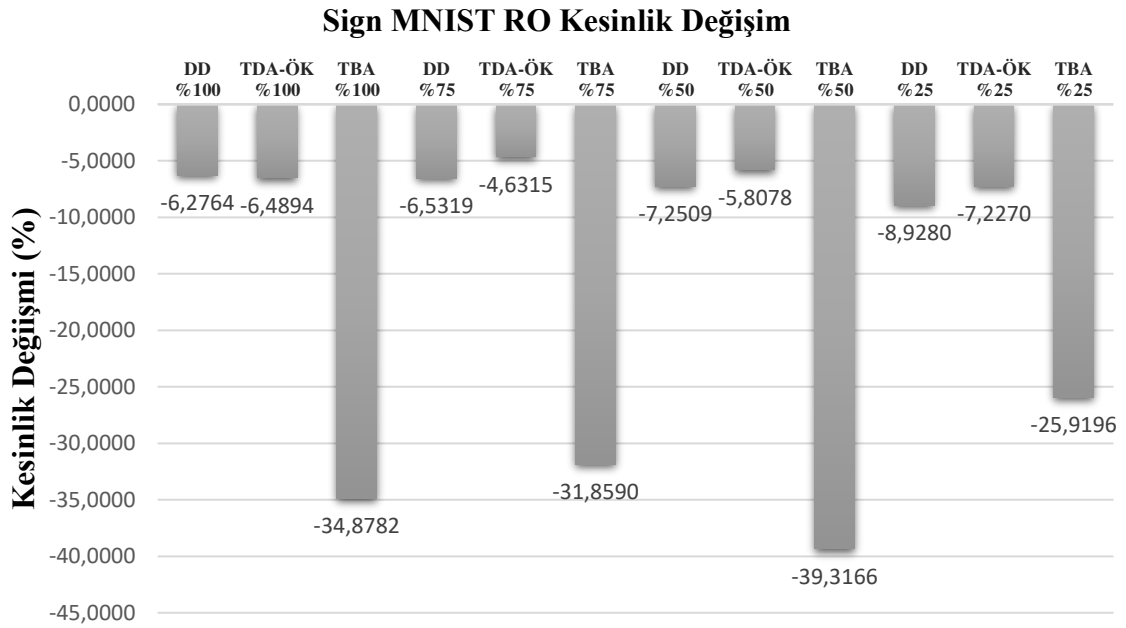
Tablo 7.20. ve Tablo 7.23.'de ve bu tablolarda yer alan değerlerin yüzdelik değişimlerinin yer aldığı Şekil 7.30. - Şekil 7.35.'den gözleneceği gibi; DD uygulanmadan elde edilen değerlere göz atıldığında kesinlik ve anımsama performansları DVM ve RO için yaklaşık olarak aynı olmakla birlikte (aralarındaki mutlak fark kesinlik için %0,42 anımsama için %0,63'tür) kesinlik açısından sınıflayıcıların başarım sıralaması RO, DVM ve EYKK ve anımsama açısından sınıflayıcıların başarım sıralaması DVM, RO ve EYKK şeklindedir. Salt DD uygulandığında, TDA-ÖK uygulandığında ve TBA uygulandığından elde edilen sınıflama başarımlarının DD uygulanmadan elde edilen değerlere göre % değişimleri sınıflayıcı ve m/N oranı bağlamlarında farklılık göstermekle birlikte aşağıdaki çıkarsamaların yapılması mümkündür;

- EYKK ile sınıflama için, salt DD uygulandığında her m/N oranı için kesinliğin % değişimi negatif kalmaktadır, salt DD için en iyi durum m/N oranı %100 olduğunda gözlenmektedir, %100 oranı gerçek hayatta karşılaşılmaması güç bir oran olduğu için bu duruma yüksek önem atfetmemek mümkündür, ikinci en iyi durum %50 oranı için olup, en kötü başarım da %25 oranı için elde edilmiştir. Salt DD uygulandığında anımsamanın farklı m/N değerlerindeki % değişimi dikkat çekicidir, %25 dışındaki m/N oranları için pozitif bir değişim gözlenmekte olup bu oran dışındakiler için diğer uygulamalardan daha iyi bir performans sergilemektedir, özellikle %75 oranı için değişim en iyidir.

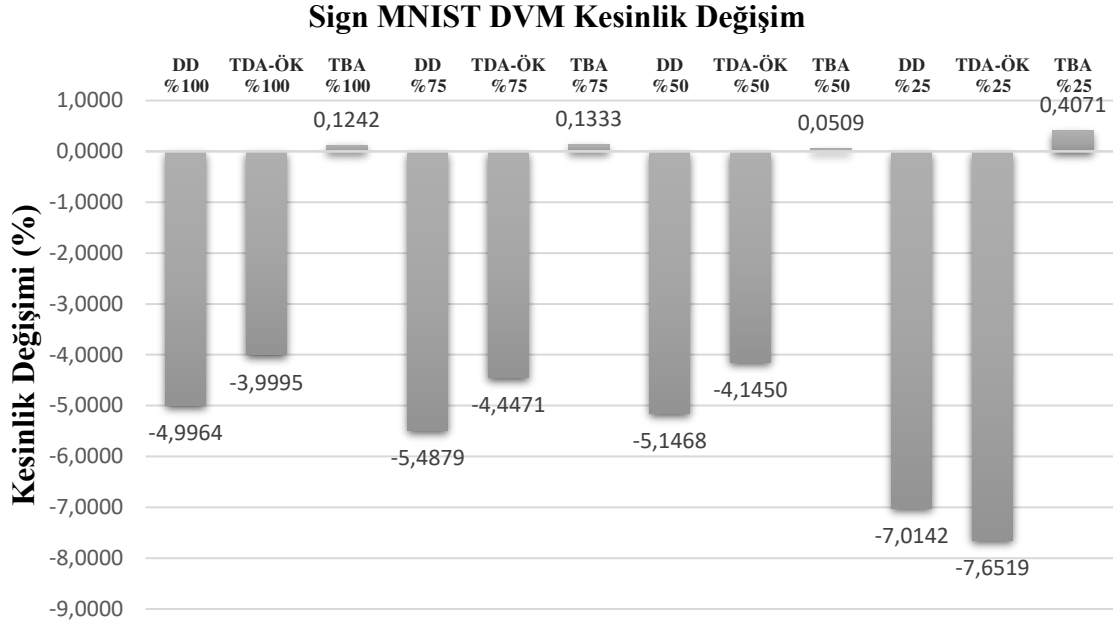
- EYKK için TDA-ÖK'nın neticeleri tüm oranlarda kesinlik ve anımsama için paralellik arz etmektedir, %100 m/N oranı için TBA ile eşit değişim gösterip bunun dışındaki tüm oranlar için TBA'dan daha kötü bir başarımla sergilemekte olup, salt DD ile karşılaştırıldığında m/N %100 ve %25 dışındaki tüm oranlarda salt DD'den daha kötü sonuç vermekle birlikte aralarındaki fark her durumda %0,15'in altında kalmaktadır.
- TBA'nın EYKK ile sınıflamadaki duruma dair gözlem m/N %100 ve %75 için başarımla yaklaşık olarak koruduğu %50 ve %25 içinse başarımla pozitif katkısının olduğu yönündedir. m/N %25 için durum diğer veri setleri üzerinde gözlemlerle de örtüşmektedir.
- EYKK için m/N'nin %25 oranı dışında başarımla her üç uygulama altında da yaklaşık olarak korunmakta olduğu tespiti yapılabilir, %25 içinse TBA ve diğer uygulamaların en kötü neticesinin aralarındaki % başarımla farkı kesinlik ve anımsama için de %1,5'in altındadır.
- RO ile sınıflama için ilk göze çarpan salt DD, TDA-ÖK ve TBA uygulamalarının hepsi için kesinlik ve anımsamadaki değişimin tüm m/N oranlarında negatif oluşudur. TBA'nın tüm oranlar için diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında göz ardı edilemeyecek kadar kötü sonuç verdiği söylenebilir. Salt DD ve TDA-ÖK uygulamalarının kesinlik ve anlama başarımlarının durumları m/N %100 oranı dışında az bir farkla da olsa TDA-ÖK lehinedir, elde edilen sonuçlara göre aralarındaki farkın her oran için %2'nin altında kaldığı tespit edilebilir.
- DVM ile sınıflama için TBA her m/N oranı için kesinlik ve anımsama başarımlarını artırma yönünde etki etmektedir, yine bu yöntem için de kesinlik ve anımsama başarımlarına pozitif yönde en büyük katkısı m/N %25 oranı için gözlenmektedir.
- Salt DD ve TDA-ÖK'nın DVM ile sınıflamadaki durumları tüm oranlar için kesinlik ve anımsama başarımlarının kötüleşmesi yönünde olup m/N %25 oranı haricinde TDA-ÖK lehine seyretmektedir.



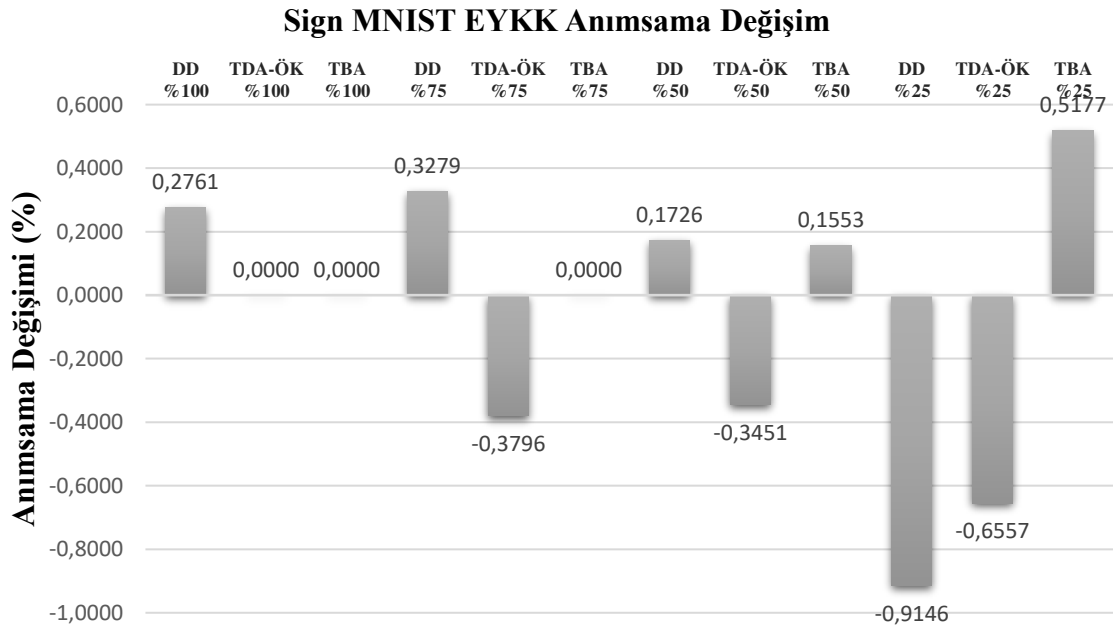
Şekil 7.30. Sign MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.20. ve Tablo 7.21.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



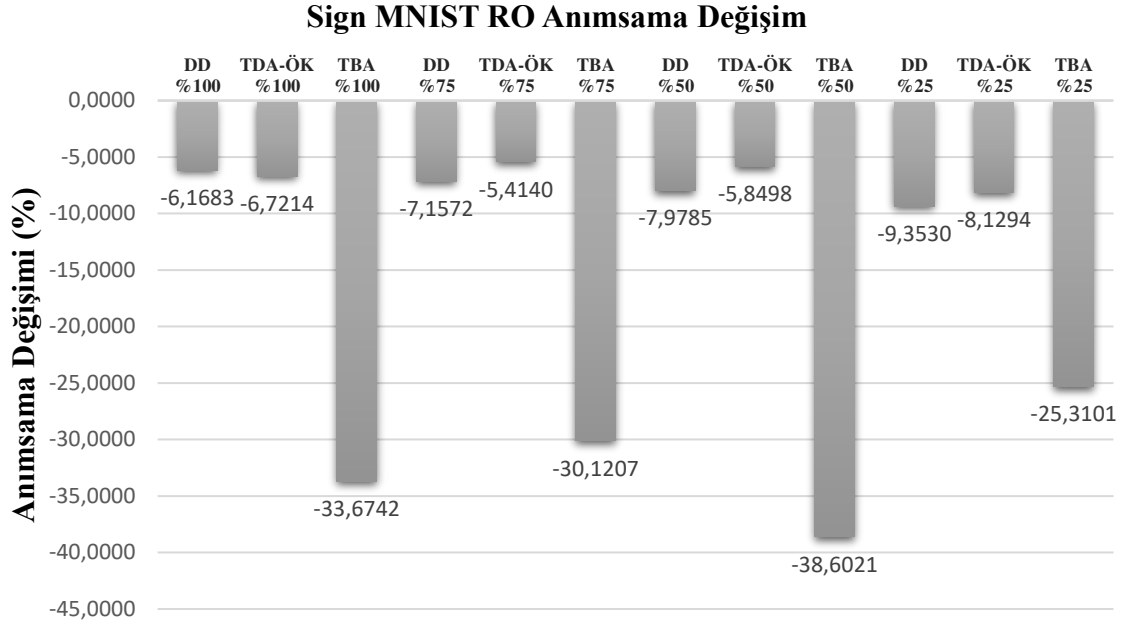
Şekil 7.31. Sign MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.20. ve Tablo 7.21.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



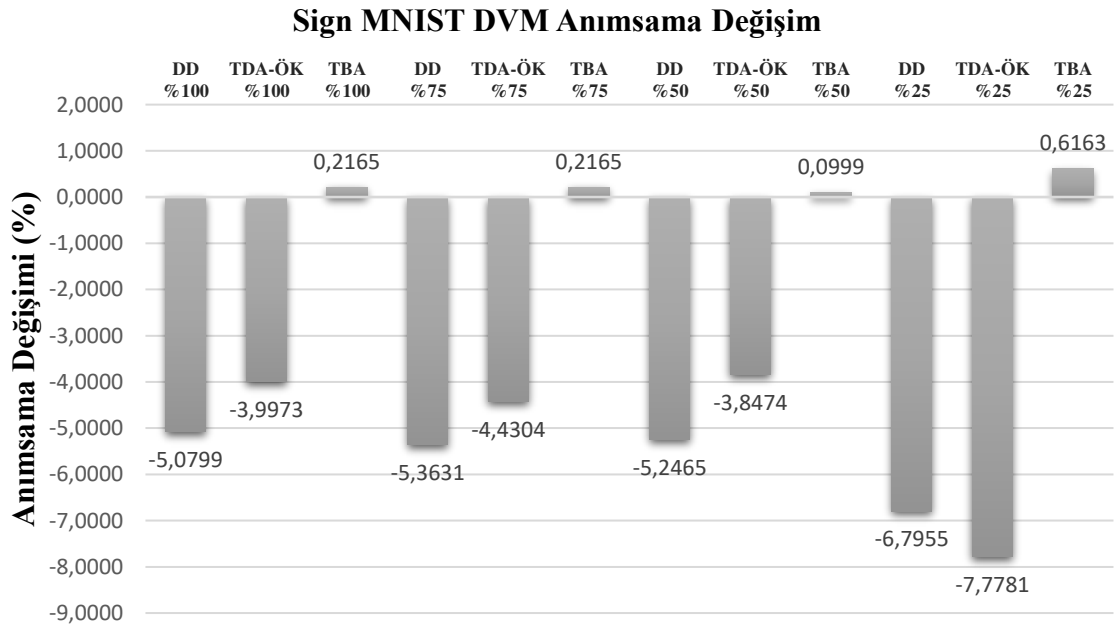
Şekil 7.32. Sign MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.20. ve Tablo 7.21.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.33. Sign MNIST veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.22. ve Tablo 7.23.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.34. Sign MNIST veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.22. ve Tablo 7.23.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.35. Sign MNIST veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.22. ve Tablo 7.23.'de verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.

7.4.1. Sign MNIST veri seti üzerindeki sıkıştırılmalı sınıflama uygulamasının sonuçları

- Sign MNIST veri seti üzerindeki sınıflama uygulamalarında TDA-ÖK literatürde bir yenilik olarak ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır.
- EYKK sınıflayıcı için salt DD'nin m/N'nin %25 oranı dışındaki oranlar için anımsama başarımını TBA'dan daha da iyileştiriyor olması dikkat çekicidir, bununla birlikte TBA %25 oranı için diğer iki uygulamadan daha iyi sonuç vermektedir.
- TDA-ÖK'nin EYKK ile sınıflamada kesinlik değişimi açısından salt DD'den daha iyi sonuç verdiği iki oran m/N %100 ve %25 olup bu oranlarda aralarındaki fark %0,1 in altındadır. Anımsama açısından durum m/N %25 oranı dışında salt DD lehinedir, TDA-ÖK %100'de anımsama başarımını korumakla birlikte diğer tüm oranlar için değişim düzenli değildir ve negatif yöndedir.
- RO yönteminin kesinlik ve anımsama başarımlarının bu veri seti için de tüm uygulamalar ve tüm m/N oranlarında azalıyor olmasının RO'nun kendisinin içerdiği işaret vektörü ögesi önceliklendirmesiyle kullanılan üç yöntemle uygulanan boyut düşümünün uyumsuzluğundan kaynaklı olması muhtemeldir.
- DVM sınıflayıcıda TBA'nın veriye uygun olarak boyut azaltımı neticesinde sınıfların ayrışımının tüm oranlar için TBA tarafından diğer iki uygulamadan daha iyi yapılabildiği gözlenmektedir, bununla birlikte TBA'nın % değişim davranışı da m/N oranı açısından düzenli değildir. Öte yandan %25 m/N oranı dışında kesinlik ve anımsamanın % değişimleri göz önüne alındığında uygulamaların başarımları TBA, TDA-ÖK ve salt DD olarak sıralanmaktadır, %25 için TDA-ÖK salt DD'den daha kötü performans sergilemektedir.

7.5. WARD Veri Seti Üzerindeki Sıkıştırılmalı Sınıflama Uygulamasında Tekil Değer Ayrışımına Dayalı Ön Koşullama'nın Etkisi

WARD veri seti [154, 155] 13 farklı hareket için (sırasıyla ayağa kalkma, oturma, yere uzanma, ileri yürüme, sola dairesel yürüme, sağa dairesel yürüme, sola dönme, sağa dönme, yukarı gitme, aşağı gitme, egzersiz, sıçrama, tekerlekli sandalye itme), 20 kişiden, 5 ayrı seansta toplanmış vücut sensör verilerini içermektedir. Veri toplamada vücudun 5 farklı yerine (el ve ayak bilekleri ve bel) yerleştirilmiş sensörler kullanılmıştır. Bu çalışmada

eğitim için her bir hareket dosyasından 40 örneklik 10 farklı çerçeve rasgele seçilmiştir. Her kullanıcı ayrı olarak test edilmiş, test edilirken de o kullanıcıya ait veriler eğitim kümesinden çıkartılarak eğitim gerçekleştirilmiştir. Test çerçeveleri oluşturulurken her hareketin anlık her durumu kendisini yansıtır varsayıldığı için dosyaların başından sonuna birer örnek atlayarak test çerçeveleri oluşturulmuştur. Sınıflamada her sensör verisi üzerinde ayrı sınıflama yapıp sonuçlara çokluk oylaması uygulanarak karar verilmektedir. Bu veri seti üzerinde üç farklı sınıflayıcı (EYKK, RO ve DVM), grid araştırma yöntemi [147] 5-katlı çapraz geçerlilikle birlikte kullanılarak en iyilenmiş olup. Bu sınıflayıcılarla farklı sıkıştırma oranlarında TDA-ÖK uygulanmış ve uygulanmamış Gauss dağılımlı ölçüm matrisleri kullanılarak ve bu iki yöntemden ayrı olarak TBA kullanılarak SS uygulamaları gerçekleştirilmiş. Söz konusu uygulamaların neticesinde bulgularan; kesinlik değerleri Tablo 7.26. ve Tablo 7.27.'de, anımsama değerleri de Tablo 7.28. ve Tablo 7.29.'da, parantez içinde SÖ ölçüm matrisi uyum değerleriyle birlikte, yüzde olarak sunulmaktadır. Bu uygulamada karşılaştırılmak istenen TDA-ÖK'nın sınıflamaya etkisi olduğu için her üç sınıflayıcı Scikit Learn yazılım kütüphanesindeki genel tanımlı özellikleriyle kullanılmış olup her sınıflayıcının sadece sınırlı sayıda değişkenleri üzerinde grid araştırma yapılmıştır. En iyi başarımın elde edildiği değişken değerlerinin ortalama değerleri parantez içindeki standart sapmalarıyla birlikte Tablo 7.30. ve Tablo 7.31.'de sunulmaktadır. TDA-ÖK'nın uygulandığı ve uygulanmadığı durumlarda elde edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin ve TBA uygulandığında elde edilen kesinlik ve anımsama değerlerinin, DD'nin kullanılmadığı durumda elde edilen değerlere göre % değişimleri Şekil 7.36. - Şekil 7.41.'de yer almaktadır.

Tablo 7.26. WARD veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

m/N		%100			%75		
	DD Yok	Φ (0,29840)	TDA-ÖK (1,6E-8)	TBA	Φ (0,3288)	TDA-ÖK (0,1388)	TBA
EYKK	0,8579	0,8575	0,8579	0,8579	0,8575	0,8552	0,8581
RO	0,9055	0,8845	0,8868	0,8964	0,8826	0,8889	0,9009
DVM	0,9005	0,8988	0,8989	0,9023	0,9029	0,9010	0,9027

Tablo 7.27. WARD veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS kesinlik değerleri.

	m/N	%50			%25		
	DD Yok	Φ (0,3763)	TDA-ÖK (0,1483)	TBA	Φ (0,5443)	TDA-ÖK (0,1255)	TBA
EYKK	0,8579	0,8568	0,8575	0,8584	0,8518	0,8469	0,8614
RO	0,9055	0,8789	0,8848	0,9057	0,8700	0,8723	0,9116
DVM	0,9005	0,8991	0,9001	0,9031	0,8918	0,8870	0,9032

Tablo 7.28. WARD veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %100 ve %75 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N	%100			%75		
	DD Yok	Φ (0,29840)	TDA-ÖK (1,6E-8)	TBA	Φ (0,3288)	TDA-ÖK (0,1388)	TBA
EYKK	0,8377	0,8385	0,8377	0,8377	0,8391	0,8372	0,8379
RO	0,9023	0,8797	0,8820	0,8883	0,8776	0,8843	0,8936
DVM	0,8935	0,8919	0,8921	0,8965	0,8968	0,8942	0,8970

Tablo 7.29. WARD veri setinde her üç sınıflayıcı için DD uygulanmadan, Gauss dağılımlı ölçüm matrislerine TDA-ÖK uygulanmadan (Φ), TDA-ÖK uygulandığında ($G\Phi$) ve TBA ile boyut azaltımı gerçekleştirildiğinde (m/N %50 ve %25 için) gözlenen SS anımsama değerleri.

	m/N	%50			%25		
	DD Yok	Φ (0,3763)	TDA-ÖK (0,1483)	TBA	Φ (0,5443)	TDA-ÖK (0,1255)	TBA
EYKK	0,8377	0,8390	0,8407	0,8385	0,8348	0,8320	0,8432
RO	0,9023	0,8739	0,8793	0,8999	0,8643	0,8661	0,9078
DVM	0,8935	0,8931	0,8937	0,8974	0,8853	0,8802	0,8977

Tablo 7.30. WARD veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (DD Yok, m/N %100 ve %75 için).

Metod	Parametre	m/N	%100			%75		
		DD Yok	Φ (0,29840)	TDA-ÖK (1,6E-8)	TBA	Φ (0,3288)	TDA-ÖK (0,1388)	TBA
EYKK	"n_neighbors"	3,06 (0,34)	3,00 (0,00)	3,06 (0,34)	3,06 (0,34)	3,00 (0,00)	3,02 (0,02)	3,04 (0,28)
RO	Given "criterion"	gini	gini	gini	gini	gini	gini	gini
	"n_estimators"	904,00 (256,09)	912,00 (237,53)	932,00 (228,69)	1044,00 (139,49)	884,00 (242,78)	944,00 (232,52)	1012,00 (166,53)
DVM	"C"	108,10 (209,18)	81,10 (139,13)	106,30 (210,68)	107,20 (249,59)	100,90 (188,57)	90,10 (169,90)	115,30 (265,28)

Tablo 7.31. WARD veri setinde üç sınıflayıcı için grid araştırma neticesinde en iyi başarımın elde edildiği değişken değerleri (m/N %50 ve %25 için).

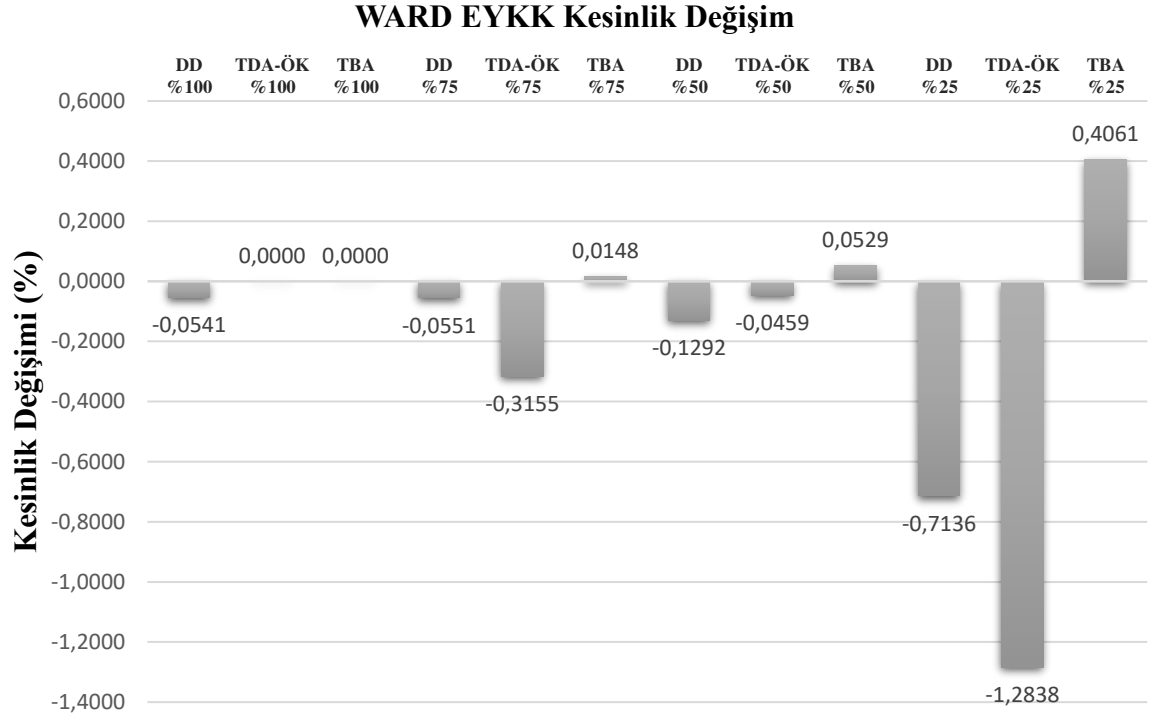
Metod	Parametre	m/N			%50			%25		
		Φ (0,3763)	TDA-ÖK (0,1483)	TBA	Φ (0,5443)	TDA-ÖK (0,1255)	TBA	Φ (0,5443)	TDA-ÖK (0,1255)	TBA
EYKK	"n_neighbors"	3,08 (0,39)	3,02 (0,02)	3,08 (0,40)	3,10 (0,44)	3,16 (0,54)	3,12 (0,48)	3,10 (0,44)	3,16 (0,54)	3,12 (0,48)
RO	Given "criterion"	gini	gini	gini	gini	gini	gini	gini	gini	gini
	"n_estimators"	896,00 (243,28)	912,00 (222,39)	984,00 (182,42)	920,00 (214,48)	884,00 (267,85)	888,00 (250,77)	920,00 (214,48)	884,00 (267,85)	888,00 (250,77)
DVM	"C"	91,90 (165,51)	131,50 (241,96)	117,10 (264,86)	109,00 (186,41)	192,70 (314,47)	130,60 (277,98)	109,00 (186,41)	192,70 (314,47)	130,60 (277,98)

Tablo 7.26. - Tablo 7.29.'dan ve bu tablolarda yer alan değerlerin yüzdelik değişimlerinin yer aldığı Şekil 7.36. - Şekil 7.41.'den gözleneceği gibi; DD uygulanmadan elde edilen değerlere göz atıldığında kesinlik ve anımsama açısından sınıflayıcıların başarım sıralaması RO, DVM ve EYKK şeklindedir. Salt DD uygulandığında, TDA-ÖK uygulandığında ve TBA uygulandığından elde edilen sınıflama başarımının hiçbir uygulama yapılmadığında elde edilen değerlere göre % değişimleri sınıflayıcı ve m/N oranı bağlamlarında farklılık göstermekle birlikte aşağıdaki çıkarımların yapılması mümkündür;

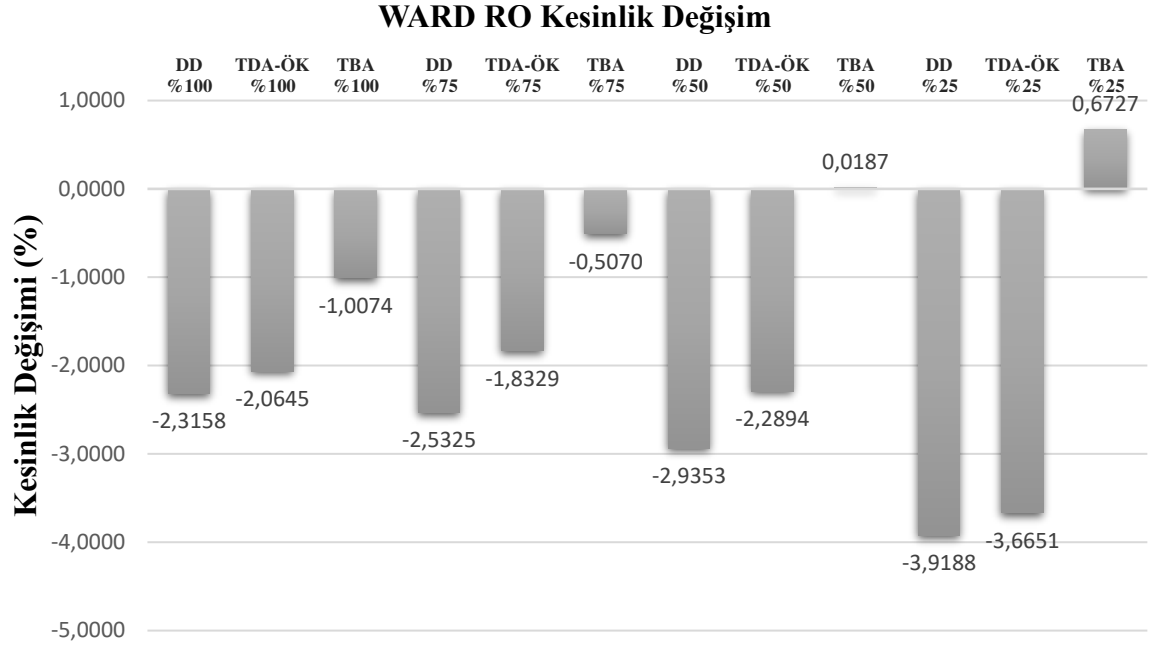
- EYKK ile sınıflama için, salt DD uygulandığında her m/N oranında kesinliğin % değişimi negatif kalmaktadır, azalan m/N oranları için de kesinlik başarımı düşmektedir. Öte yandan salt DD'nin anımsama başarımına etkisi m/N %25 oranı haricinde pozitif olmakla birlikte m/N oranlarının değişimine paralel istikrarlı bir seyri mevcut değildir.
- EYKK ile sınıflama için, TDA-ÖK uygulandığında sadece m/N oranının %100 olduğu durumda kesinlik ve anımsamanın % değişimi 0 olmaktadır, azalan m/N oranları için kesinlik ve anımsama başarımının değişimi düzenli olmayıp, anımsamanın değişiminin pozitif olduğu %50 m/N oranı dışında tüm oranlar için söz konusu % değişimler negatiftir. m/N %50 için her üç uygulamada anımsama başarımına pozitif etki göstermekle birlikte bu orandaki en yüksek etki TDA-ÖK ile elde edilmektedir.
- EYKK ile sınıflama için, salt DD ve TDA-ÖK uygulandığındaki başarımın karşılaştırıldığında net bir davranış örüntüsü gözlenememekle birlikte, m/N'nin %100 olduğu durum (salt DD anımsamada TDA-ÖK'ya göre daha iyi durumda olmakla birlikte kesinlikte durum tam tersidir) dışında kesinlik ve anımsamanın başarımını paralellik göstermektedir, %50 m/N oranı için TDA-ÖK daha iyi sonuç vermekte olup, %75 ve %25 için salt DD uygulandığındaki başarım daha yüksektir. Bunun yanında her iki yöntemin aralarındaki fark m/N %25 için en yüksek olup %0,57'dir.

- EYKK ile sınıflama için, TBA uygulandığında m/N oranı %100 iken kesinlik ve anımsamanın değişimi 0 olmaktadır, diğer tüm oranlar içinse TBA'nın etkisi iyileştirici yöndedir. TBA için % değişimler azalan m/N oranıyla artmakta olup, en iyi başarı m/N %25 olduğunda gözlenmektedir. TBA'nın en iyi durumuyla diğer seçeneklerdeki en kötü değişim karşılaştırıldığında aralarındaki fark yaklaşık olarak %1,7'dir.
- RO ile sınıflama için ilk göze çarpan, TBA'nın % değişiminin pozitif olduğu %25 m/N oranı haricinde, salt DD, TDA-ÖK ve TBA uygulamalarının hepsi için kesinlik ve anımsamadaki değişimin tüm m/N oranlarında negatif oluşudur. TBA'nın her oranda başarı m/N oranı diğer iki yöntemin neticelerine göre pozitif yönde ve en az %1 daha fazladır. Tüm m/N oranları için her üç yöntemin başarı m/N oranı karşılaştırıldığında en az ve en çok değişim arasındaki fark kesinlik için %4,6'nın, anımsama içinse %4,8'in altındadır.
- RO ile sınıflama için, salt DD ve TDA-ÖK uygulandığındaki başarımlar karşılaştırıldığında tüm m/N oranları için TDA-ÖK salt DD'ye göre az da olsa daha iyi durumdadır. Bütün m/N oranları için bu iki yöntemin arasındaki fark %0,85'in altındadır.
- DVM ile sınıflamada TBA her m/N oranı için kesinlik ve anımsama başarımlarını kararlı şekilde yükseltmektedir. TBA ve diğer seçeneklerdeki en kötü değişim karşılaştırıldığında aralarındaki fark her oranda bu sınıflayıcı için %1,9'un altında kalmaktadır.
- DVM için TDA-ÖK uygulandığında gözlenen kesinlik ve anımsama başarımları salt DD uygulandığında gözlenenler ile karşılaştırıldığında aralarındaki değişim farkı her oran için %0,6'nın altında kalmakla birlikte istikrarlı bir davranış tespit edilememektedir. TDA-ÖK %100 ve %50 m/N oranlarında salt DD'den görece daha iyi kalmakta olup, diğer oranlarda salt DD'nin başarımları daha iyidir.
- Tüm uygulamaların DVM ile sınıflamada m/N %75 oranı için kesinlik ve anımsama başarımlarının % değişimi pozitif olup bu oran için artış sıralaması TBA, salt DD ve TDA-ÖK şeklindedir.
- Bu veri setinde gerçekleştirilmiş tüm SS uygulamalarında başarı m/N oranlarının en çok azaldığı sınıflayıcı RO iken, EYKK'nın başarımlarındaki azalma miktarı RO'da görülene kıyasla oldukça azdır. DVM'nin ise tüm m/N oranlarında TBA ile

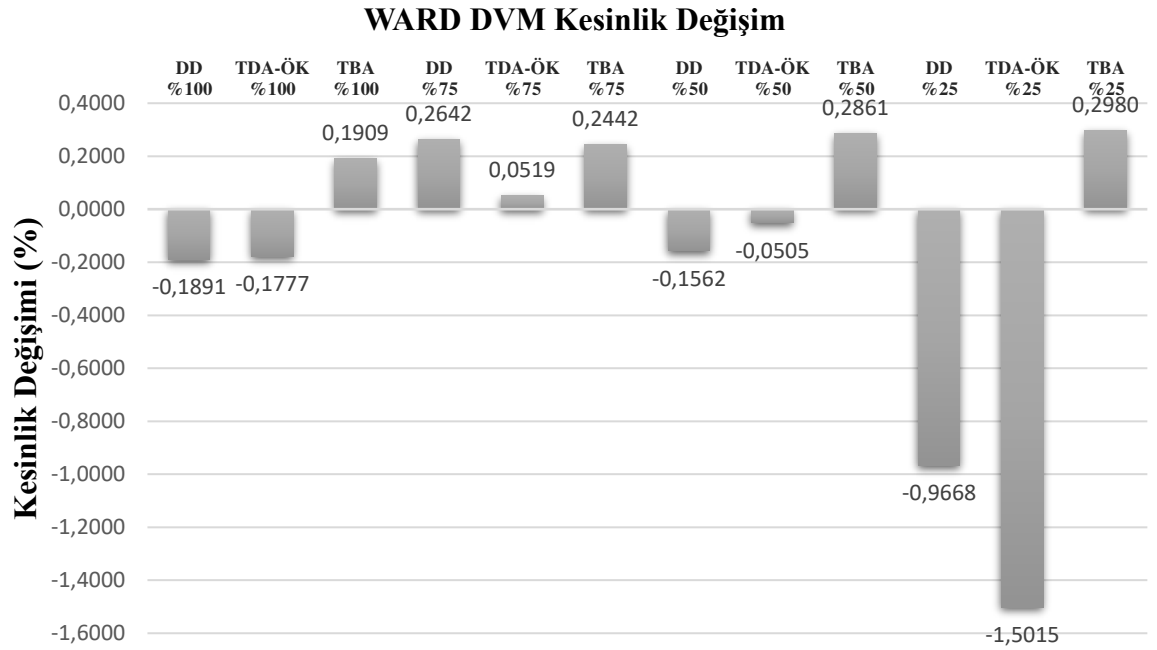
performansının iyileştiği, salt DD ve TDA-ÖK içinse performans farkının %1,6'dan küçük kalan bir farkla yaklaşık olarak korunduğu söylenebilir.



Şekil 7.36. WARD veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.26. ve Tablo 7.27.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.

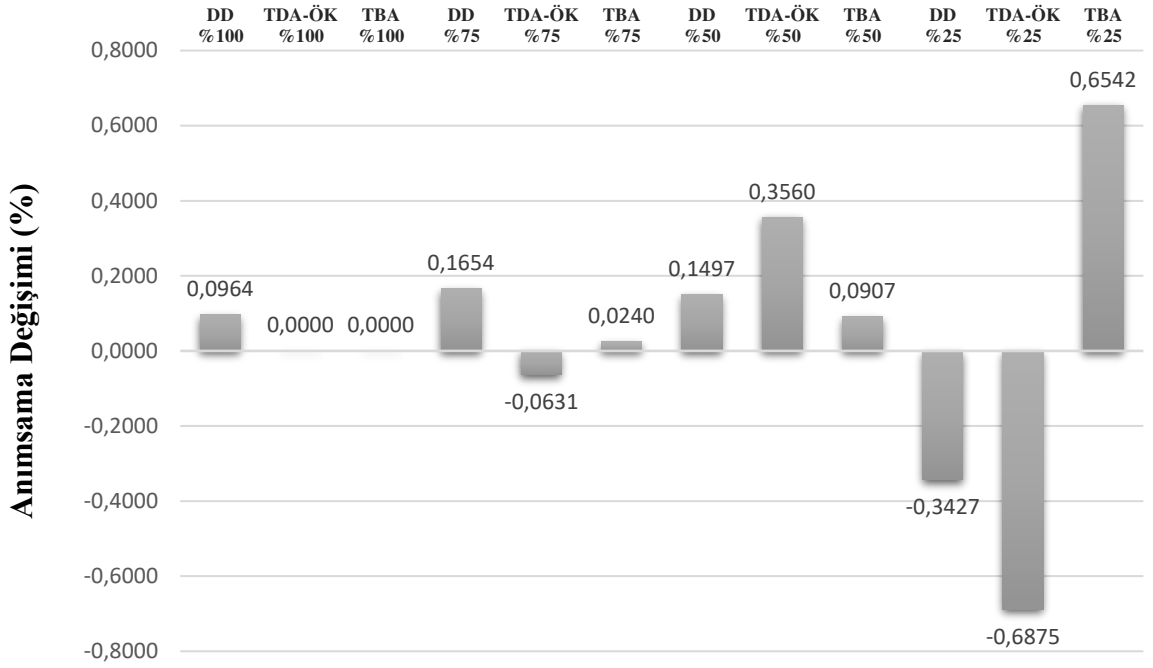


Şekil 7.37. WARD veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.26. ve Tablo 7.27.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



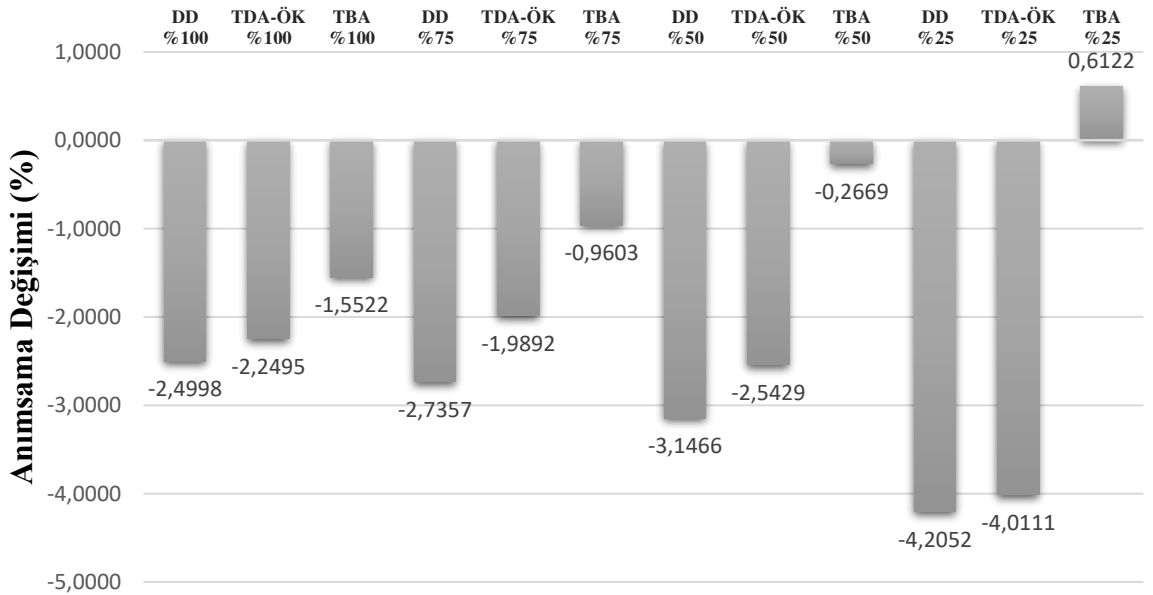
Şekil 7.38. WARD veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.26. ve Tablo 7.27.'de verilen kesinlik değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.

WARD EYKK Anımsama Değişim

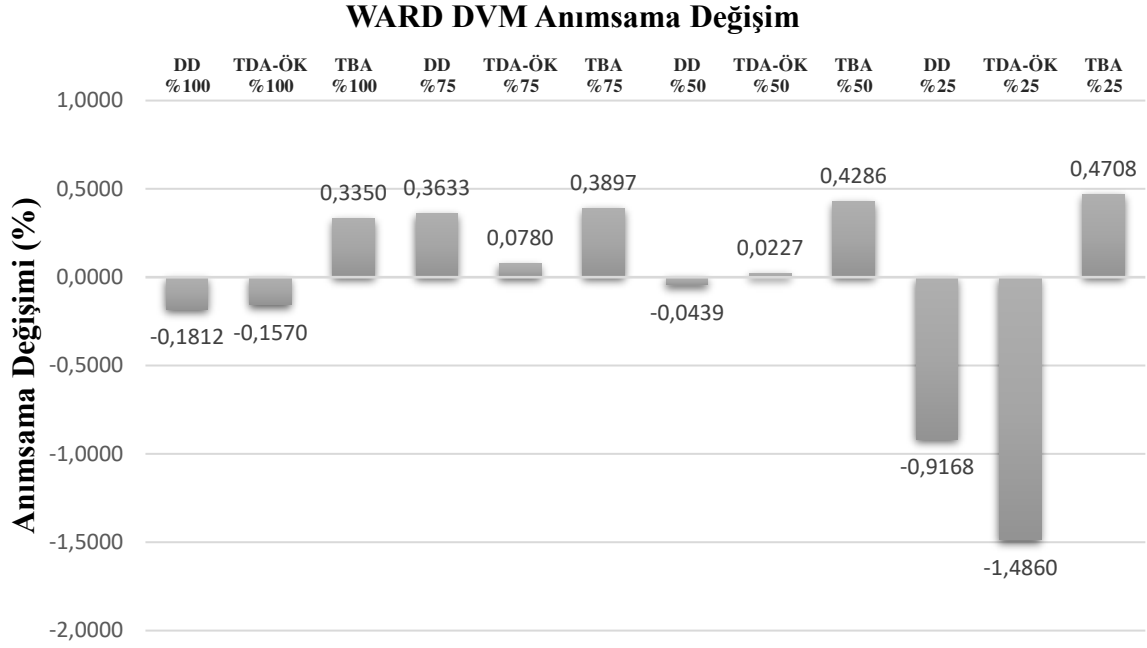


Şekil 7.39. WARD veri setinin EYKK ile sınıflandığı durum için Tablo 7.28. ve Tablo 7.29.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.

WARD RO Anımsama Değişim



Şekil 7.40. WARD veri setinin RO ile sınıflandığı durum için Tablo 7.28. ve Tablo 7.29.'da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.



Şekil 7.41. WARD veri setinin DVM ile sınıflandığı durum için Tablo 7.28. ve Tablo 7.29.’da verilen anımsama değerlerinden TDA-ÖK uygulanmadığında ve uygulandığında elde edilen değerlerle, TBA uygulandığında elde edilen değerlerin, DD uygulanmadığı durumdaki değerlere göre % değişimi.

7.5.1. WARD veri seti üzerindeki sıkıştırılmalı sınıflama uygulamasının sonuçları

- WARD veri seti üzerindeki sınıflama uygulamalarında TDA-ÖK literatürde bir yenilik olarak ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır.
- Bu veri seti üzerinde kullanılan her üç sınıflama yöntemi için her üç boyut düşün uygulamasının kesinlik ve anımsama sonuçları incelendiğinde, en iyi başarımın m/N’nin %25 oranında TBA uygulandığı durumda elde edildiği gözlenmektedir.
- EYKK sınıflayıcı için TBA kesinlikte diğer iki uygulamadan daha başarılı olmakla birlikte anımsamada m/N’nin %75 oranı için salt DD, %50 oranı içinse TDA-ÖK TBA’dan daha iyi sonuç vermektedir. TBA’nın kesinlik ve anımsamaya en büyük pozitif etkisi diğer iki uygulamanın da etkilerinin negatif olduğu m/N’nin %25 oranı için gözlenmektedir.
- EYKK’da elde edilmiş sonuçlar m/N’nin %25 oranına kadar olan oranlar için her üç yöntemin de başarımın üzerinde önemli bir azaltıcı etki meydana getirmeden kullanılabilir olduğuna işaret etmektedir. Gerçek hayatta bu veri setindeki gibi giyilebilir hareket sensörlerinden karar üretebilmek için sürekli veri aktarımı

gerçekleştirilmesi gerekeceği düşünöldüğünde, herhangi bir özel nitelik çıkarımı yapmadan, işlem maliyeti yüksek dönüşömler gerçekleştirmeden hali hazırda sıkıştırılarak iletilmiş verinin sınıflama için doğrudan kullanılabilir olması uygulama için önemli bir kazanım olacaktır.

- RO yönteminin kesinlik ve anımsama başarımlarını, TBA'nın etkisinin pozitif olarak gözlendiği m/N %25 oranı dışında, bu veri seti için de tüm uygulamalar ve tüm m/N oranlarında azalıyor olmasının RO'nun kendisinin içerdği işaret vektörü ögesi önceliklendirmesiyle kullanılan üç yöntemle uygulanan boyut düşümünün uyumsuzluğundan kaynaklı olması muhtemeldir.
- DVM sınıflayıcıda TBA'nın veriye uygun olarak boyut azaltımı neticesinde sınıfların ayrışımının daha iyi yapılabildiği gözlenmektedir; TBA'nın tüm oranlarda kesinlik ve anımsama üzerindeki değışim etkisi pozitifdir. Sadece m/N'nin %75 olduğı durumda salt DD'nin TBA karşısında % başarıma etkisi çok az da olsa daha büyüktür.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

SÖ, veri iletimi ve saklanması için Shannon örnekleme teoreminin içerdiği Nyquist frekansı kısıtını, kendisi seyrek, dönüşümle seyrek hale getirilebilen ya da sıkıştırılabilir işaretler için geçersiz kılarak, veri iletimi ve saklanması uygulamalarına önemli bir açılım getirmektedir. Sayısal dünya bileşenlerinin günlük hayattaki rolü her geçen gün daha fazla artmakta, bu da yorumlanacak, saklanacak ve iletilecek daha fazla veri üretimine karşılık gelmektedir. Nİ, SÖ'nün genişçe uygulama alanı bulabileceği teknolojilerden birisidir, Nİ'nin kullanımının yaygınlaşması veri üretiminin artışı için önemli bir etmendir, önümüzdeki yıllarda da Nİ'nin bu konumunun artarak devam etmesi beklenmektedir. Fortune Business Inside'ın raporuna göre [156], Nİ'nin 2022 yılında 478,36 milyar dolar olan pazar büyüklüğünün 2029 yılında 2,46 trilyon dolara ulaşması beklenmektedir. Dikkat çekici bir diğer öngörü de Nİ'nin entegrasyonu için mevcuttur ki; Markets and Markets'in raporuna göre [157], Nİ entegrasyonu pazarının 2022 yılında 2,4 milyar dolar olan pazar büyüklüğü 2027 yılında 9,2 milyar dolara ulaşmış olacaktır. Bu çalışmada WARD veri seti bağlamında incelenmiş olan giyilebilir teknolojiler (GT) de yine SÖ'nün genişçe uygulama alanı bulabileceği teknolojilerden birisidir. Markets and Markets'in hazırladığı pazar araştırmasın raporuna göre [158], 2021 yılında 116,2 milyar dolar olan GT pazar hacminin 2026 yılında 265,4 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Söz konusu pazar gelişmesi öngörülerinin bir yansıması olarak SÖ'nün zaman için daha geniş bir kullanım alanına sahip olacağı tahmin edilebilir. SÖ'nün verimini arttırmak bugün olduğu gibi ve gelecekte de teknoloji pazarının amaçlarından birisi olmaya devam edecektir.

Bu çalışmada incelenmiş olan TDA-ÖK, Zhang [13]'ın makalesinde deneysel olarak incelenmiş olan TDA Tabanlı Dik Eşleme Arayış algoritmasındaki ölçüm matrisi eldesinin ön koşullama ile gerçekleştirilmesine dayanmakta olup SÖ için seçimlik bir sıkıştırma oranında hazırlanacak ölçüm matrisi üzerinde yapılacak değişikliklerle sıkıştırma başarımını arttırmayı hedeflemektedir. Yapılmış bulunan çalışmanın temel özgünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- TDA Tabanlı Dik Eşleme Arayış algoritmasındaki ölçüm matrisi eldesinin ön koşullama ile gerçekleştirilebileceğinin analitik olarak gösterimi.
- TDA-ÖK'nın uygulandığı ölçüm matrisinin SÖ başarımının uygulanmamış haline göre daha yüksek olacağının analitik olarak ispatının yapılması.

- TDA-ÖK'nın ölçüm matrisinin uyumu ve izometri sabitine etkisinin Monte Carlo yöntemiyle benzetiminin gerçekleştirilmesi.
- TDA-ÖK uygulanmış ölçüm matrisiyle gerçekleştirilen ölçümlemenin sınıflamaya etkisinin üç farklı temel sınıflayıcı için beş farklı veri seti üzerinde, TDA-ÖK uygulanmamış ve TBA uygulanmış durumların başarımlarıyla karşılaştırmalı olarak incelenmesi.
- Kullanılmış olan beş veri setinden TDA-ÖK uygulanmış ölçüm matrisiyle gerçekleştirilen ölçümleme neticesinde elde edilen verilerle ilk kez sınıflama uygulamalarının yapılmış olması.

TDA-ÖK'nın analitik ispatının yapılıp, bunun Monte Carlo benzetimleriyle de desteklenmiş olması söz konusu yaklaşımın SÖ'de kullanılabilirliğine açıklayıcı bir temel oluşturmuştur. Gerçekleme için analitik olarak tanımlanabilir bir yaklaşım, deneysel olarak incelenmiş bir yaklaşıma göre daha çok güven veren bir temel teşkil etmektedir.

SÖ ile ölçülen verinin Shannon örneklemeyle gerçekleştirilenden daha verimli aktarımının amaçlanmasının yanında, SS bağlamında SÖ verilerinin geri çatımı yapılmadan doğrudan yorumlanabilmesi; boyut düşümü neticesinde daha az işlem yükü gerekeceği için yorumlamanın merkezde değil verinin oluşturulduğu uç birimde yapılabilmesini, geri çatıma zaman harcanmadığı için daha hızlı karar oluşturulabilmesini sağlamakta olup, SÖ ile ölçülenip saklanmış verinin de yine ham veriden daha hızlı incelenip bu veriye ilişkin kararların üretilebilmesini mümkün kılmaktadır. Nİ ve GT gibi kaynaklarca gün geçtikçe daha çok üretileceği öngörülebilecek SÖ verileri üzerinde SS ile karar oluşturabilmek, sözü edilmiş olduğu gibi konum ve zaman açısından önemli katkı sağlayacaktır. TDA-ÖK'nın SS üzerindeki etkisinin bu çalışmada yer alan incelenmesi potansiyel uygulamalar için yol açıcı olacaktır, bu incelemeye ilişkin bulgular aşağıda listelenmiştir.

- TDA-ÖK, işaretin SÖ başarımını yükseltmeyi amaçlamakta olup, SS başarımını arttırmak gibi bir hedefi mevcut değildir, fakat SS üzerindeki etkisinin incelenmesi TDA-ÖK'ya dayalı ölçümleme verisiyle yapılacak sınıflama uygulamalarında karşılaşılabilecek olası durumların öngörümü için gereklidir.
- SÖ verisi üzerindeki sınıflamanın başarımına, verinin TDA-ÖK uygulanıp uygulanmadan üretilmiş olmasının etkisine yönelik genel bir tanımlamanın yapılamaz olduğu mevcut bulgulardan tespit edilmektedir. TDA-ÖK'nın uygulanmış olmasının uygulanmadığı duruma (salt DD) göre belirgin bir üstünlüğü ya da kötüleştirici etkisi yoktur.

- SÖ'nün veri bağımsız bir boyut düşümü yaklaşımı olarak ele alınması söz konusudur, TDA-ÖK'nin uygulanıp uygulanmamış olmasının, seçilmiş örnek bir veri bağımlı boyut düşüm yaklaşımı olarak TBA ile sınıflamayla karşılaştırılmasına ilişkin gözlemler;
 - TDA-ÖK ve salt DD yaklaşımları, veri bağımsız olmalarından dolayı aynı boyutlu veriler için ölçüm matrisinin değiştirilmeden kullanımını mümkün kılmaktadır, ayrıca uygulanacak dönüşümün hesaplanmasının işlem ve zaman maaliyeti veri bağımlı yöntemlere göre çok daha azdır.
 - Elde edilen bulgulara göre EYKK ile sınıflamada m/N %75 ve %50 oranları için TDA-ÖK ve salt DD'nin kesinlik ve anımsama % başarımlarının değişimi ile TBA'nın neticeleri arasındaki fark yaklaşık olarak %1 civarındadır, dolayısıyla bu sınıflayıcı ve bu sıkıştırma oranları için TDA-ÖK ve salt DD, TBA'ya bir alternatif teşkil etmektedir.
 - Genel olarak RO ile sınıflamada tüm uygulamaların tüm sınıflama ve veri setleri için kesinlik ve anımsama % başarımlarının değişimleri, sadece WARD veri setinde TBA'nın %25 m/N oranı için kesinlik ve anımsamanın, %50 m/N oranı için kesinliğin pozitif olması dışında negatif kalmaktadır. Mevcut bulgular doğrultusunda TDA-ÖK ve salt DD uygulanarak ölçümlenmiş verinin sınıflamasında RO'nun kullanımının tercih edilmemesinin uygun olacağı tespit edilebilir. Diğer yandan RO ile sınıflama yapılırken her üç boyut düşümü yaklaşımının da tercihe çok uygun olmayabileceği yine elde edilen bulgulara göre belirlenebilmektedir.
 - DVM ile sınıflamada TBA'nın başarımlarını genel olarak TDA-ÖK ve salt DD'ye göre daha iyidir, bunun kaynağı sınıflar arasındaki marjinin veri bağımlı dönüşümle sınıflama için veri bağımsız alternatiflere göre daha uygun hale gelmesi olarak ifade edilebilir.
 - Elde edilen bulgulara göre TDA-ÖK ya da salt DD ile ölçümlenmiş verinin sınıflanması için EYKK'nin incelenmiş üç yöntem arasından öncelikli tercih olması gerektiği, onu sırasıyla DVM ve RO'nun izleyebileceği tespit edilebilir.
 - Özellikle %25 gibi düşük m/N oranlarında, mevcut bulgulara göre TBA'nın sınıflama için diğer iki seçenekten daha iyi bir boyut düşümü yaklaşımı tercihi olması mümkündür.

Bu çalışmanın sonrasında gelecekte yapılabilecek çalışmalar şu konuları içerebilir;

- Nİ ve GT için TDA-ÖK kullanılarak SÖ ve SS uygulamalarının kısıtlı kaynaklı (sınırlı veri iletimi, işlemci gücü ve veri saklama alanı gibi) ortamlarda gerçekleştirilmesi.
- Sistemlerin tümdevre olarak gerçekleştirilmesinin bugün ve gelecek için önemi düşünüldüğünde TDA-ÖK'nın FPGA ile gerçekleştirilmesi.
- DÖ'nün uygulama alanlarının hızla gelişmesine paralel olarak, SÖ ve SS'nin DÖ ile gerçekleştirilecekleri uygulamaların başarımlarının farklı kriterler bağlamında (SÖ için işlem yükü ve süresi, SS için işlem yükü, karar yeri ve süresi gibi) TDA-ÖK ile karşılaştırmalı incelenmesi.
- SÖ ve sonrasında sınıflayıcı uygulanmasıyla gerçekleştirilen SS'nin salt DÖ yaklaşımıyla gerçekleştirilmesi; SÖ ve sınıflayıcı kısımları ayrı ayrı DÖ ile modellenip bu iki ayrı DÖ modeli birleştirilebileceği gibi, tek bir DÖ modeli kullanarak gerçekleştirilmenin de incelemeye değer olması muhtemeldir.

KAYNAKLAR

- [1] I. V. Pustokhina, D. A. Pustokhin, D. Gupta, A. Khanna, K. Shankar and G. N. Nguyen, "An Effective Training Scheme for Deep Neural Network in Edge Computing Enabled Internet of Medical Things (IoMT) Systems," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 107112-107123, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3000322.
- [2] M. Younan, E. H. Houssein, M. Elhoseny and A. A. Ali, "Challenges and recommended technologies for the industrial internet of things: A comprehensive review," *Measurement*, vol. 151, no. 107198, pp.1-16, 2020.
- [3] G. Yıldırım and Y. Tatar, "Remote user supported IoT-WSN Laboratory and testbed platform: FiratWSN," *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol. 34, no. 4, pp. 1831-1846, 2019.
- [4] D. Reinsel, J. Gantz and J. Rydning, "The digitization of the world from edge to core," IDC, [seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf](https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf), (Accessed: Dec. 22,2022).
- [5] C. E. Shannon, "Communication in the Presence of Noise," *Proceedings of the IRE*, vol. 37, no. 1, pp. 10-21, Jan. 1949, doi: 10.1109/JRPROC.1949.232969
- [6] M. A. Davenport, M. F. Duarte, Y. C. Eldar and G. Kutyniok, "Introduction to Compressed Sensing," in *Compressed Sensing: Theory and Applications*, Eldar Y.C. and Kutyniok G., Ed., Cambridge , UK: Cambridge University Press, 2012, pp. 1-64.
- [7] R. Schmidt, "Zur theorie der linearen und nichtlinearen integralgleichungen," *Math. Ann.*, vol. 63, pp. 433-476, 1907.
- [8] O. Holtz. "Compressive sensing: a paradigm shift in signal processing." arxiv.org. arxiv.org/abs/0812.3137, (Retrieved Date: 16 Dec 2008. Accessed: 7 Dec 2022).

- [9] E. J. Candes, J. Romberg and T. Tao, "Robust uncertainty principles: exact signal reconstruction from highly incomplete frequency information," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 2, pp. 489-509, Feb. 2006, doi: 10.1109/TIT.2005.862083.
- [10] D. L. Donoho, "Compressed sensing," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 4, pp. 1289-1306, April 2006, doi: 10.1109/TIT.2006.871582.
- [11] R. G. Baraniuk, "Compressive Sensing [Lecture Notes]," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 24, no. 4, pp. 118-121, July 2007, doi: 10.1109/MSP.2007.4286571.
- [12] E. Tsiligianni, L. P. Kondi and A. K. Katsaggelos, "Preconditioning for Underdetermined Linear Systems with Sparse Solutions," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 22, no. 9, pp. 1239-1243, Sept. 2015, doi: 10.1109/LSP.2015.2392000.
- [13] C. Zhang, "An orthogonal matching pursuit algorithm based on singular value decomposition," *Circuits, Systems, and Signal Processing*, vol. 39, no. 1, pp. 492-501, 2020.
- [14] R. Calderbank and S. Jafarpour, "Finding Needles in Compressed Haystacks," in *Compressed Sensing: Theory and Applications*, Eldar Y.C., Kutyniok G., Ed., Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2012, pp. 439-484.
- [15] T. Wimalajeewa, H. Chen and P. K. Varshney, "Performance Limits of Compressive Sensing-Based Signal Classification," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 60, no. 6, pp. 2758-2770, June 2012, doi: 10.1109/TSP.2012.2189859.
- [16] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, *Discrete-Time Signal Processing (3rd. ed.)*, Prentice Hall Press, USA, 2009.
- [17] J. M. Whittaker, "Interpolation Function Theory," *Cambridge Tracts in Mathematics and Mathematical Physics*, No. 33, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1935.

- [18] H. Nyquist, "Certain Topics in Telegraph Transmission Theory," *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, vol. 47, no. 2, pp. 617-644, April 1928, doi: 10.1109/T-AIEE.1928.5055024.
- [19] D. Gabor, "Theory of communication," *J. Inst. Elect. Eng. (London)*, vol. 93, pt. 3, no. 26, p. 429, 1946.
- [20] V. A. Kotel'nikov, "On the transmission capacity of "ether" and wire in electrocommunications," *Izd. Red. Upr. Svyazzi RKKA (Moscow)*, 1933.
- [21] A. J. Jerri, "The Shannon sampling theorem—Its various extensions and applications: A tutorial review," *Proceedings of the IEEE*, vol. 65, no. 11, pp. 1565-1596, Nov. 1977, doi: 10.1109/PROC.1977.10771.
- [22] D. Slepian, "On bandwidth," *Proceedings of the IEEE*, vol. 64, no. 3, pp. 292-300, March 1976, doi: 10.1109/PROC.1976.10110.
- [23] J. A. Parker, R. V. Kenyon and D. E. Troxel, "Comparison of Interpolating Methods for Image Resampling," *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 2, no. 1, pp. 31-39, March 1983, doi: 10.1109/TMI.1983.4307610.
- [24] M. Unser, "Sampling-50 years after Shannon," *Proceedings of the IEEE*, vol. 88, no. 4, pp. 569-587, April 2000, doi: 10.1109/5.843002.
- [25] D. Cohen and Y. C. Eldar, "Sub-Nyquist Radar Systems: Temporal, Spectral, and Spatial Compression," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 35, no. 6, pp. 35-58, 2018, doi: 10.1109/MSP.2018.2868137.
- [26] R. H. Walden, "Analog-to-digital converter survey and analysis," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 17, no. 4, pp. 539-550, 1999, doi: 10.1109/49.761034.
- [27] L. Zhao and Y. Cheng, "Design challenges of high speed ADC in CMOS technology for next generation optical communication applications," in *12th IEEE International*

Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology (ICSICT), Guilin, China, Oct. 28-31, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICSICT.2014.7021238.

- [28] D. Li, X. Zhao, S. Liu, M. Liu, R. Ding, Y. Liang, and Z. Zhu, "Radio frequency analog-to-digital converters: Systems and circuits review," *Microelectronics Journal*, vol. 119, C, 2022, doi: 10.1016/j.mejo.2021.105331.
- [29] D. Chen, X. Cui, Q. Zhang, D. Li, W. Cheng, C. Fei, and Y. Yang, "A Survey on Analog-to-Digital Converter Integrated Circuits for Miniaturized High Resolution Ultrasonic Imaging System," *Micromachines (Basel)*, vol. 13(1): pp. 114, 2022, doi: 10.3390/mi13010114.
- [30] V. K. Goyal, "Theoretical foundations of transform coding," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 18, no. 5, pp. 9-21, Sept. 2001, doi: 10.1109/79.952802.
- [31] V. N. Temlyakov, "Nonlinear methods of approximation," *Found. Comput. Math.*, vol. 3, pp. 33–107, 2003, doi: 10.1007/s102080010029.
- [32] H. E. A. Laue, "Demystifying compressive sensing," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 34, no. 4, pp. 171-176, 2017, doi: 10.1109/MSP.2017.2693649.
- [33] E. J. Candes and M. B. Wakin, "An introduction to compressive sampling," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 25, no. 2, pp. 21-30, 2008, doi: 10.1109/MSP.2007.914731.
- [34] E. Ertin, L. C. Potter, and R. L. Moses, "Sparse target recovery performance of multi-frequency chirp waveforms," in *19th European Signal Processing Conference*, Barcelona, Spain, 2011, pp. 446-450.
- [35] C. Liu, F. Xi, S. Chen, Y. D. Zhang, and Z. Liu, "Pulse-doppler signal processing with quadrature compressive sampling," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 51, no. 2, pp. 1217-1230, 2015, doi: 10.1109/TAES.2014.130475.

- [36] A. Cohen, W. Dahmen, and R. DeVore, "Compressed sensing and best k-term approximation," *J Am Math Soc*, vol. 22(1), pp. 211–231, 2009.
- [37] A. M. Tillmann and M. E. Pfetsch, "The computational complexity of the restricted isometry property, the nullspace property, and related concepts in compressed sensing," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 60, no. 2, pp. 1248–1259, 2014, doi: 10.1109/TIT.2013.2290112.
- [38] E. J. Candes and T. Tao, "Decoding by linear programming," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 51, no. 12, pp. 4203–4215, 2005, doi: 10.1109/TIT.2005.858979.
- [39] M. Davenport, "Random observations on random observations: Sparse signal acquisition and processing," PhD dissertation, Rice University, Houston, Texas, 2010.
- [40] D. Donoho and M. Elad, "Optimally sparse representation in general (nonorthogonal) dictionaries via l_1 minimization," *Proc Natl Acad Sci*, vol. 100(5), pp. 2197–2202, 2003.
- [41] E. J. Candes and T. Tao, "Near-Optimal Signal Recovery From Random Projections: Universal Encoding Strategies?," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 12, pp. 5406–5425, 2006, doi: 10.1109/TIT.2006.885507.
- [42] R. Baraniuk, M. Davenport, R. DeVore and M. Wakin, "A simple proof of the restricted isometry property for random matrices," *Const. Approx.*, vol. 28, pp. 253–263, 2008, doi: 10.1007/s00365-007-9003-x.
- [43] M. R. Garey and D. S. Johnson, *Computers and Intractability; A Guide to the Theory of NP-Completeness*, W. H. Freeman & Co., USA, 1990.
- [44] B. K. Natarajan, "Sparse Approximate Solutions to Linear Systems," *SIAM J. Comput.*, vol. 24, no. 2, pp 227–234, 1995.

- [45] S. Chen, D. Donoho and M. Saunders. "Atomic decomposition by basis pursuit," *SIAM J Sci Comp*, vol. 20, no. 1, pp. 33–61, 1998.
- [46] A. Beurling, "Sur les intégrales de Fourier absolument convergentes et leur application à une transformation fonctionnelle," in *Proc. Scandi. Math. Congr.*, Helsinki, Finland, 1938, pp. 345-366.
- [47] S. Boyd, L. Vandenberghe, *Convex Optimization*, Cambridge University Press, 2004.
- [48] E. J. Candes, J. Romberg and T. Tao, "Robust uncertainty principles: exact signal reconstruction from highly incomplete frequency information," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 2, pp. 489-509, 2006, doi: 10.1109/TIT.2005.862083.
- [49] D. L. Donoho, "Compressed sensing," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 4, pp. 1289-1306, 2006, doi: 10.1109/TIT.2006.871582.
- [50] D. L. Donoho, "For most large underdetermined systems of linear equations the minimal ℓ_1 -norm solution is also the sparsest solution," *Comm. Pure Appl. Math.*, vol. 59, no. 6, pp. 797-829, 2006.
- [51] D. L. Donoho, "For most large underdetermined systems of equations, the minimal ℓ_1 - norm near-solution approximates the sparsest near-solution," *Comm. Pure Appl. Math.*, vol. 59, no. 7, pp. 907-934, 2006.
- [52] S. G. Mallat and Z. Zhang, "Matching pursuits with time-frequency dictionaries," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3397-3415, 1993, doi: 10.1109/78.258082.
- [53] Y. C. Pati, R. Rezaiifar and P. S. Krishnaprasad, "Orthogonal matching pursuit: recursive function approximation with applications to wavelet decomposition," in *27th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, Pacific Grove, CA, USA, Nov. 1-3, 1993, pp. 40-44 vol.1, doi: 10.1109/ACSSC.1993.342465.

- [54] J. A. Tropp, "Greed is good: algorithmic results for sparse approximation," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 50, no. 10, pp. 2231-2242, 2004, doi: 10.1109/TIT.2004.834793.
- [55] I. Daubechies, M. Defrise, and C. De Mol, "An iterative thresholding algorithm for linear inverse problems with a sparsity constraint," *Comm. Pure Appl. Math.*, vol. 57, no. 11, pp. 1413–1457, 2004.
- [56] J. A. Tropp and A. C. Gilbert, "Signal Recovery From Random Measurements Via Orthogonal Matching Pursuit," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 53, no. 12, pp. 4655-4666, 2007, doi: 10.1109/TIT.2007.909108.
- [57] T. Blumensath and M. E. Davies, "Gradient Pursuits," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 56, no. 6, pp. 2370-2382, June 2008, doi: 10.1109/TSP.2007.916124.
- [58] T. Blumensath and M. Davies, "Iterative hard thresholding for compressive sensing," *Appl. Comput. Harmon. Anal.*, vol. 27, no. 3, pp. 265–274, 2009.
- [59] W. Dai and O. Milenkovic, "Subspace Pursuit for Compressive Sensing Signal Reconstruction," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 55, no. 5, pp. 2230-2249, 2009, doi: 10.1109/TIT.2009.2016006.
- [60] M. A. Davenport and M. B. Wakin, "Analysis of Orthogonal Matching Pursuit Using the Restricted Isometry Property," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 56, no. 9, pp. 4395-4401, 2010, doi: 10.1109/TIT.2010.2054653.
- [61] D. Needell and J. Tropp, "CoSaMP: Iterative signal recovery from incomplete and inaccurate samples," *Appl. Comput. Harmon. Anal.*, vol. 26, no. 3, pp. 301–321, 2009.
- [62] D. Needell and R. Vershynin, "Signal Recovery From Incomplete and Inaccurate Measurements Via Regularized Orthogonal Matching Pursuit," *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, vol. 4, no. 2, pp. 310-316, 2010, doi: 10.1109/JSTSP.2010.2042412.

- [63] R. Chartrand and W. Yin, "Iteratively reweighted algorithms for compressive sensing," in *ICASSP 2008*, Las Vegas, USA, Mar. 30 - Apr. 4, 2008, pp. 3869-3872, doi: 10.1109/ICASSP.2008.4518498.
- [64] I. F. Gorodnitsky and B. D. Rao, "Sparse signal reconstruction from limited data using FOCUSS: a re-weighted minimum norm algorithm," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 45, no. 3, pp. 600-616, 1997, doi: 10.1109/78.558475.
- [65] S. Ji and L. Carin, "Bayesian compressive sensing and projection optimization," in *24th International Conference on Machine Learning*, Oregon, USA, Jun. 20-24, 2007, pp. 377–384.
- [66] A. L. Machidon and V. Pejovic, "Deep Learning Techniques for Compressive Sensing-Based Reconstruction and Inference - A Ubiquitous Systems Perspective", arxiv.org, arxiv.org/abs/2105.13191, (Retrieved Date: 26 May 2021. Accessed: 7 Dec 2022).
- [67] Strang G., *Introduction to Linear Algebra*, Wellesley, MA, USA: Wellesley-Cambridge Press, 2016.
- [68] C. Eckart and G. Young, "The approximation of one matrix by another of lower rank," *Psychometrika*, vol. 1, no. 3, pp. 211–218, 1936, doi:10.1007/BF02288367. S2CID 10163399.
- [69] J. Raghavendar and V. Dharmaiah, "Geometrical Interpretation of Singular Value Decomposition(Svd) & Applications of SVD," *International Journal of Scientific and Innovative Mathematical Research*, vol. 5, no. 4, pp. 23-26, 2017.
- [70] D. Needell and R. Vershynin, "Uniform uncertainty principle and signal recovery via regularized orthogonal matching pursuit," *Found. Comput. Math.*, vol. 9, no. 3, pp. 317–334, 2009.
- [71] Y. Chen and J. Peng, "Influences of preconditioning on the mutual coherence and the restricted isometry property of Gaussian/Bernoulli measurement matrices," *Linear and Multilinear Algebra*, vol. 64, no. 9, pp. 1750-1759, 2016.

- [72] A. S. Householder, *The Theory of Matrices in Numerical Analysis*, New York, USA: Blaisdell, New York, 1964.
- [73] M Lin and G. Sinnamon, "The generalized wielandt inequality in inner product spaces," *Eurasian Mathematical Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 72-85, 2012.
- [74] G. Pope, "Compressive Sensing a Summary of Reconstruction Algorithms," M.S. Thesis, Department of Computer Science, ETH Zürich, Zürich, Switzerland, 2009.
- [75] R. Calderbank, S. Jafarpour and R. Schapire, "Compressed learning: Universal sparse dimensionality reduction and learning in the measurement domain," Technical Report, Princeton University, 2009. Date. Accessed: 10.12.2022. Available: academia.edu/2791697/Compressed_learning_Universal_sparse_dimensionality_reduction_and_learning_in_the_measurement_domain
- [76] I. H. Sarker, "Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions," *SN Comput. Sci.*, vol. 2, no. 160, 2021, doi: 10.1007/s42979-021-00592-x.
- [77] S. B. Kotsiantis, "Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques," *Informatica*, vol. 31, no. 3, pp. 249-268, 2007.
- [78] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Stork, *Pattern Classification (2nd Edition)*. New York, USA: Wiley-Interscience, 2000.
- [79] T. Cover and P. Hart, "Nearest neighbor pattern classification," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 13, no. 1, pp. 21-27, 1967, doi: 10.1109/TIT.1967.1053964.
- [80] R. Bellman, *Adaptive Control Processes: A Guided Tour*. Princeton, New Jersey, U.S.A: Princeton University Press, 1961.
- [81] K. Beyer, J. Goldstein, R. Ramakrishnan, U. Shaft, "When is "Nearest Neighbor" Meaningful" in *ICDT'99*, Jerusalem, Israel, Jan. 10-12, 1999, pp. 217-235.

- [82] V. Vapnik, *Estimation of Dependences Based on Empirical Data*. New York , U.S.A: Springer Verlag, 1982.
- [83] M. Schmidt, "Identifying speaker with support vector networks," in *Interface'96* Sydney, Australia, Jul. 9,1996.
- [84] B. Schölkopf, C. Burges, and V. Vapnik, "Extracting support data for a given task," in *First International Conference on Knowledge Discovery & DataMining*, Montreal, Quebec, Canada, 20-21 Aug. 1995, pp. 252-257.
- [85] T. Joachims, "Text categorization with Support Vector Machines: Learning with many relevant features," in *ECML-98*, Chemnitz, Germany, Apr. 21-23, 1998, pp. 137-142.
- [86] V. Blanz, B. Schölkopf, H. Bülthoff, C. Burges, V. Vapnik, and T. Vetter, "Comparison of view-based object recognition algorithms using realistic 3d models," in *ICANN'96*, Berlin, Germany, Jul. 16-19, 1996, pp 251-256.
- [87] E. Osuna, R. Freund and F. Girosit, "Training support vector machines: an application to face detection," in *CVPR '97*, San Juan, PR, USA, Jun. 17-19, 1997, pp. 130-136.
- [88] C. J. Burges, "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition," *Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 2, pp. 121-167, 1998.
- [89] C. Junli and J. Licheng, "Classification mechanism of support vector machines," in *WCC 2000*, Beijing, China, 2000, pp. 1556-1559.
- [90] A. Nefedov, "Support Vector Machines: A Simple Tutorial," svmtutorial.online/, (Accessed: Sep. 21, 2022)
- [91] L. Breiman, J. H. Friedman, R. A. Olshen and C.J. Stone, *Classification and Regression Trees*. Belmont, CA, U.S.A:Wadsworth, 1984.

- [92] M. Segal and Y. Xiao, "Multivariate Random Forests," *Wiley Interdisciplinary Reviews: DataMining and Knowledge Discovery*, vol. 1, pp. 80-87, 2011.
- [93] L. Breiman, "Bagging predictors," *Machine Learning*, vol. 24, pp. 123-140, 1996.
- [94] L. Breiman, "Stacked regressions," *Machine Learning*, vol. 24, pp. 49-64, 1996.
- [95] L. Breiman, "Arcing classifiers," *Ann. Stat.*, vol. 26, pp. 801-849, 1998.
- [96] L. Breiman, "Random forests," *Machine Learning*, vol. 45, pp. 5-32, 2001.
- [97] V. Lepetit and P. Fua, "Keypoint recognition using randomized trees," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, no. 9, pp. 1465-1479, 2006, doi: 10.1109/TPAMI.2006.188.
- [98] J. Shotton, M. Johnson and R. Cipolla, "Semantic texton forests for image categorization and segmentation," in *2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Alaska, USA, Jun. 23-28, 2008, pp. 1-8, doi: 10.1109/CVPR.2008.4587503.
- [99] P. Yin, A. Criminisi, J. Winn and I. Essa, "Tree-based Classifiers for Bilayer Video Segmentation," in *2007 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Minneapolis, MN, U.S.A., Jun 17-22, 2007, pp. 1-8.
- [100] N. Apostolof and A. Zisserman, "Who are you? - real-time person identification," in *British Machine Vision Conference 2007*, University of Warwick, Coventry, U.K., Sep. 10-13, 2007, pp. 1-10.
- [101] A. Bosch, A. Zisserman and X. Munoz, "Image Classification using Random Forests and Ferns," in *IEEE 11th International Conference on Computer Vision*, Rio de Janeiro, Brazil, Oct. 14-21, 2007, pp. 1-8.
- [102] Y. Amit and D. Geman, "Shape quantization and recognition with randomized trees," *Neural Computation*, vol. 9, no. 7, pp. 1545–1588, 1997.

- [103] T. K. Ho, "The random subspace method for constructing decision forests," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 8, pp. 832-844, 1998, doi: 10.1109/34.709601.
- [104] T. G. Dietterich, "An experimental comparison of three methods for constructing ensembles of decision trees: Bagging, boosting, and randomization," *Machine Learning*, vol. 40, pp. 139–157, 2000.
- [105] G. Biau, "Analysis of a random forests model," *Journal of Machine Learning Research*, vol. 13, pp 1063-1095, 2012.
- [106] A. Cutler, D. R. Cutler and J. R. Stevens, "Random forests," in *Ensemble Machine Learning*, C. Zhang, and Y. Q. Ma, Ed., Boston, U.S.A, 2012, pp. 157–175.
- [107] T. Hastie, R. Tibshirani and J. Friedman, in *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, 2nd ed. New York, U.S.A: Springer, 2009.
- [108] M. Segal and Y. Xiao, "Multivariate Random Forests," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 1, pp. 80-87, 2011.
- [109] V. Y. Kulkarni and P. K. Sinha, "Random Forest Classifiers: A Survey and Future Research directions," *Int. Journal of Advanced Computing*, vol. 36, no. 1, pp 1144-1153, 2013.
- [110] S. V. Stehman, "Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy," *Remote Sensing of Environment*, vol. 62, no. 1, pp. 77–89, 1997.
- [111] M. Grandini, E. Bagli and G. Visani. "Metrics for Multi-Class Classification: an Overview." [arxiv.org. arxiv.org/abs/2008.05756](https://arxiv.org/abs/2008.05756), (Accessed: Sep 1, 2022).
- [112] M. Hossin and M. N. Sulaiman, "A Review on Evaluation Metrics for Data Classification Evaluations," *Int. J. Data Min. Knowl. Manag. Process*, vol. 5, pp. 1-11, 2015.

- [113] R. Baeza-Yates and B. Ribeiro-Neto. *Modern information retrieval*, New York, U.S.A: Addison Wesley, 1999.
- [114] A. Ben-David, "A lot of randomness is hiding in accuracy," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 20, no. 7, pp. 875–885, 2007.
- [115] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*. New York, USA: Springer, 2006.
- [116] K. Pearson, "On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space," *Philosophical Magazine*, vol. 2, no. 11, pp. 559-572, 1901, doi:10.1080/14786440109462720.
- [117] H. Hotelling, "Analysis of a complex of statistical variables into principal components," *Journal of Educational Psychology*, vol. 24, no. 6, pp. 417-441, 1933.
- [118] _, "Kosambi–Karhunen–Loève theorem." wikipedia.org, en.wikipedia.org/wiki/Kosambi%E2%80%93Karhunen%E2%80%93Lo%C3%A8ve_theorem, (Accessed: Nov. 16,2022).
- [119] _, "Proper orthogonal decomposition." wikipedia.org, en.wikipedia.org/wiki/Proper_orthogonal_decomposition, (Accessed: Nov 16, 2022).
- [120] J. Shlens, "A Tutorial on Principal Component Analysis," arxiv.org, arxiv.org/abs/1404.1100, (Accessed: Nov. 16, 2022).
- [121] L. I. Smith, "A tutorial on Principal Components Analysis." University of Otago, hdl.handle.net/10523/7534, (Accessed: Nov. 16, 2022).
- [122] S. Roweis, "EM Algorithms for PCA and SPCA," *Advances in Neural Information Processing Systems*, M. I. Jordan, M. J. Kearns, and S. A. Solla, Ed., Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 1998.

- [123] M. Andrecut, "Parallel GPU Implementation of Iterative PCA Algorithms," *Journal of Computational Biology*, vol. 16, no. 11, pp. 1593-1599, 2009.
- [124] B. Schölkopf, J. Platt and T. Hofmann, "Randomized PCA Algorithms with Regret Bounds that are Logarithmic in the Dimension," in *Advances in Neural Information Processing Systems 19*, Vancouver, Canada, Dec. 8-14, 2007, pp.1481-1488.
- [125] R. E. Bellman, *Dynamic Programming*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1957.
- [126] G. V. Trunk, "A Problem of Dimensionality: A Simple Example," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-1, no. 3, pp. 306-307, July 1979, doi: 10.1109/TPAMI.1979.4766926.
- [127] A. Zollanvari, A. P. James and R. Sameni, "A Theoretical Analysis of the Peaking Phenomenon in Classification," *Journal of Classification*, vol. 37, no. 2, pp. 421–434, 2020.
- [128] A. Tharwat, T. Gaber, A. Ibrahim and A. E. Hassanien, "Linear discriminant analysis: A detailed tutorial," *AI Commun.*, vol. 30, no. 2, pp. 169–190, 2017, doi:10.3233/AIC-170729.
- [129] B.W. Rust, "Truncating the singular value decomposition for ill-posed problems," National Institute of Standards and Technology, US Department of Commerce, Gaithersburg, MD, NISTIR 6131, 1998. Accessed: Dec. 18, 2022. [Online] Available: nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nistir6131.pdf
- [130] J. Haupt, R. Castro, R. Nowak, G. Fudge and A. Yeh, "Compressive sampling for signal classification," in *Fortieth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, Pacific Grove, California, USA, Oct. 29 – Nov. 1, 2006, pp. 1430-1434.
- [131] P. T. Boufounos and R. G. Baraniuk, "1-bit compressive sensing," in *CISS 2008*, Princeton, NJ, USA, Mar. 19-21, 2008, pp. 16-21.

- [132] M. A. Davenport, M. F. Duarte, M. B. Wakin, J. N. Laska, D. Takhar, K. F. Kelly and R. G. Baraniuk, "The smashed filter for compressive classification and target recognition," in *Computational Imaging V*, San Jose, California, USA, Jan. 29-31 2007, pp. 142-153.
- [133] M. F. Duarte, M. A. Davenport, M. B. Wakin, J. N. Laska, D. Takhar, K. F. Kelly and R. G. Baraniuk, "Multiscale random projections for compressive classification," in *IEEE International Conference on Image Processing*, San Antonio, Texas, USA, Sep. 16-19, 2007, pp. VI - 161-VI - 164.
- [134] A. Gupta, R. Nowak and B. Recht, "Sample complexity for 1-bit compressed sensing and sparse classification," in *ISIT 2010*, Austin, Texas, USA, Jun. 12-18, 2010, pp. 1553-1557.
- [135] J. Wright, A. Y. Yang, A. Ganesh, S. S. Sastry and Y. Ma, "Robust Face Recognition via Sparse Representation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 31, no. 2, pp. 210-227, Feb. 2009, doi: 10.1109/TPAMI.2008.79.
- [136] F. Rodriguez, G. Sapiro, "Sparse representations for image classification: Learning discriminative and reconstructive non-parametric dictionaries," Institute For Mathematics and Its Applications, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, USA, IMA Preprint 2213, 2007. Accessed: Dec. 18, 2022. [Online]. Available: conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/179948/2213.pdf?sequence=1
- [137] M. Balcan, A. Blum and S. Vempala, "Kernels as features: On kernels, margins, and low-dimensional mappings," in *15th International Conference on Algorithmic Learning Theory*, Padova, Italy, Oct. 2-5, 2004, pp. 79–94.
- [138] A. Blum, "Random projection, margins, kernels, and feature-selection," in *SLSFS 2005*, Bohinj, Slovenia, Feb. 23-25, 2005, pp. 52-68.
- [139] N. Goel, G. Bebis and A. V. Nefian, "Face recognition experiments with random projections," in *SPIE Conference on Biometric Technology for Human Identification 2*, Orlando, USA, 2005, pp. 426-437.

- [140] W. B. Johnson, J. Lindenstrauss and G. Schechtman, "Extensions of lipschitz maps into Banach spaces," *Israel J. Math.*, vol. 54, pp.129–138, 1986.
- [141] S. Dasgupta and A. Gupta, "An elementary proof of a theorem of Johnson and Lindenstrauss," *Random Struct. Algorithms*, vol. 22, no. 1, pp. 60-65, 2003.
- [142] A. Magen, "Dimensionality reductions that preserve volumes and distance to affine spaces, and their algorithmic applications," in *RANDOM '02*, London, UK, 2002, pp. 239–253.
- [143] J. Haupt and R. Nowak, "Compressive Sampling for Signal Detection," in *ICASSP '07*, Honolulu, Hawaii, USA, Apr. 15-20, 2007, pp. III-1509-III-1512.
- [144] F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, V. Michel, B. Thirion, O. Grisel, M. Blondel, P. Prettenhofer, R. Weiss, V. Dubourg, J. Vanderplas, A. Passos, D. Cournapeau, M. Brucher, M. Perrot and E. Duchesnay, "Scikit-learn: Machine learning in Python," *The Journal of Machine Learning Research*, vol. 12, pp. 2825-2830, 2011.
- [145] I. H. Sarker, "Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions," *SN Comput. Sci.*, vol. 2, no. 160, 2021, doi: 10.1007/s42979-021-00592-x.
- [146] Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio and P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition," *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278-2324, Nov. 1998, doi: 10.1109/5.726791.
- [147] G. Luo, "A review of automatic selection methods for machine learning algorithms and hyper-parameter values," *Netw. Model. Anal. Health Inform. Bioinforma.*, vol. 5, no. 18, 2016, doi: 10.1007/s13721-016-0125-6.
- [148] I. Gupta, Ishu, V. Sharma, S. Kaur and A. K. Singh, "TBA-RF: An Efficient Parkinson's Disease Prediction Model based on Random Forest Classification." [arxiv.org, arxiv.org/abs/2203.11287](https://arxiv.org/abs/2203.11287), (Accessed: Oct. 30, 2022).

- [149] H. Xiao, K. Rasul and R. Vollgraf, "Fashion-MNIST: a Novel Image Dataset for Benchmarking Machine Learning Algorithms," [arxiv.org, arxiv.org/abs/1708.07747](https://arxiv.org/abs/1708.07747), (Accessed Nov. 01, 2022).
- [150] G. Preda, "Chinese MNIST." [kaggle.com, kaggle.com/datasets/gpreda/chinese-mnist](https://kaggle.com/gpreda/chinese-mnist), (Accessed: Dec. 13, 2022).
- [151] K. Nazarpour and M. Chen, "Handwritten Chinese Numbers." Newcastle University, data.ncl.ac.uk/articles/dataset/Handwritten_Chinese_Numbers/10280831, (Accessed: Dec. 13, 2022).
- [152] Public Domain, "Sign Language MNIST.", [kaggle.com, kaggle.com/datasets/datamunge/sign-language-mnist](https://kaggle.com/datasets/datamunge/sign-language-mnist), (Accessed: Nov. 6, 2022).
- [153] S. Sreejith, "Sign Language and Static-Gesture Recognition using scikit-learn.", [github.com, github.com/mon95/Sign-Language-and-Static-gesture-recognition-using-sklearn](https://github.com/mon95/Sign-Language-and-Static-gesture-recognition-using-sklearn), (Accessed: Nov. 6, 2022).
- [154] A. Y. Yang, R. Jafari, S. S. Sastry and R. Bajcsy, "Distributed recognition of human actions using wearable motion sensor networks," *J. Ambient Intell. Smart Environ.*, vol. 1, no. 2, pp. 103-115, April 2009.
- [155] L. Xiao, R. Li, J. Luo and Z. Xiao, "Energy-efficient recognition of human activity in body sensor networks via compressed classification," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 12, no. 12, pp. 1-8, 2016.
- [156] _, "Internet of Things (IoT) Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Component (Platform, Solution & Services), By End-use Industry (BFSI, Retail, Government, Healthcare, Manufacturing, Agriculture, Sustainable Energy, Transportation, IT & Telecom, and Others), and Regional Forecast, 2022-2029." Fortune Business Insights, fortunebusinessinsights.com/industry-reports/internet-of-things-iot-market-100307, (Accessed: Dec. 04,2022).

- [157] _, “IoT Integration Market by Service (Device and Platform Management, System Design and Architecture, Network Management, Advisory), Organization Size, Application (Smart Building and Home Automation, Smart Healthcare) and Region - Global Forecast to 2027.” IoT Integration Market, marketsandmarkets.com/Market-Reports/iot-integration-market-169191050.html?gclid=CjwKCAiAhKycBhAQEiwAgf19ekUS8k7GP4STIRsIL4F5ZPFxztZpn3j2EJgnHD64q0oTMFJe-5pvyRoCD9gQAvD_BwE, (Accessed: Dec. 04, 2022).
- [158] _, “Wearable Technology Market by Product (Wristwear, Headwear, Footwear, Fashion & Jewelry, Bodywear), Type (Smart Textile, Non-Textile), Application (Consumer Electronics, Healthcare, Enterprise & Industrial), and Geography (2021-2026).” Wearable Technology Market, marketsandmarkets.com/Market-Reports/wearable-electronics-market-983.html, (Accessed: Dec. 04, 2022).

EK 1: MNIST SINIFLAMA HATA MATRİSLERİ

MNIST veri seti için tüm sınıflayıcılarda, DD uygulanmadan ve m/N oranı %100, %75, %50, %25 iken TDA-ÖK'nın uygulandığı, uygulanmadığı ve TBA uygulandığı durumlara ilişkin hata matrisleri Tablo 1 - Tablo 39'da verilmektedir. Söz konusu matrislerde sınıflar arasında karar verme başarımını özellikle etkilediği düşünülecek bir karışma gözlenmemektedir.

Tablo 1. Boyut düşümü uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	1	1	0	0	1	2	1	0	0
	1	0	1133	2	0	0	0	0	0	0	0
	2	9	7	997	2	0	0	1	14	2	0
	3	0	1	4	975	1	13	1	7	4	4
	4	0	5	0	0	948	0	5	4	1	19
	5	4	1	0	12	2	860	5	1	3	4
	6	4	3	0	0	4	3	944	0	0	0
	7	0	18	4	0	2	0	0	994	0	10
	8	7	0	3	13	5	11	3	4	923	5
	9	3	4	2	7	9	4	1	8	2	969

Tablo 2. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	1	1	0	0	1	2	1	0	0
	1	0	1133	2	0	0	0	0	0	0	0
	2	7	7	1000	1	0	0	1	14	2	0
	3	1	2	3	972	1	14	1	8	5	3
	4	1	7	0	0	948	0	3	4	0	19
	5	2	1	0	12	2	862	5	1	1	6
	6	4	3	0	0	4	3	944	0	0	0
	7	0	20	4	1	2	0	0	992	0	9
	8	5	2	3	14	4	15	4	6	915	6
	9	2	5	2	8	9	3	1	12	2	965

Tablo 3. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	1	1	0	0	1	2	1	0	0
	1	0	1131	2	0	1	0	1	0	0	0
	2	7	7	1000	1	0	0	1	14	2	0
	3	0	2	3	972	1	14	1	7	6	4
	4	1	6	0	0	946	0	3	4	0	22
	5	2	1	0	10	2	864	6	1	1	5
	6	6	3	0	0	3	2	944	0	0	0
	7	0	19	5	1	3	0	0	991	0	9
	8	8	2	4	15	4	15	4	6	909	7
	9	3	5	2	9	9	2	1	12	2	964

Tablo 4. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	975	1	1	0	0	1	1	1	0	0
	1	0	1130	2	0	1	1	1	0	0	0
	2	8	7	999	1	1	0	0	14	2	0
	3	0	1	3	970	1	16	0	7	10	2
	4	2	6	0	0	944	0	4	5	0	21
	5	4	1	0	11	2	858	6	1	4	5
	6	4	3	1	0	3	3	944	0	0	0
	7	0	23	2	0	3	0	0	989	0	11
	8	8	0	5	17	3	13	3	6	913	6
	9	2	7	2	7	8	3	1	9	3	967

Tablo 5. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	1	1	0	0	1	2	1	0	0
	1	0	1132	2	0	0	0	1	0	0	0
	2	12	5	993	1	1	0	2	16	2	0
	3	1	2	5	966	1	15	0	9	6	5
	4	1	5	0	0	943	0	6	4	0	23
	5	2	1	0	13	2	857	8	2	3	4
	6	5	3	0	0	4	3	943	0	0	0
	7	0	22	3	0	6	0	0	990	0	7
	8	5	0	7	13	5	14	3	7	913	7
	9	2	5	3	8	5	2	1	12	3	968

Tablo 6. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	1	1	0	0	1	2	1	0	0
	1	0	1133	2	0	0	0	0	0	0	0
	2	9	7	997	2	0	0	1	14	2	0
	3	0	1	4	975	1	13	1	7	4	4
	4	0	5	0	0	948	0	5	4	1	19
	5	4	1	0	12	2	860	5	1	3	4
	6	4	3	0	0	4	3	944	0	0	0
	7	0	18	4	0	2	0	0	994	0	10
	8	7	0	3	13	5	11	3	4	923	5
	9	3	4	2	7	9	4	1	8	2	969

Tablo 7. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	973	1	1	0	0	1	3	1	0	0
	1	0	1131	2	0	1	0	1	0	0	0
	2	9	6	996	2	1	0	1	15	2	0
	3	0	2	3	974	1	12	0	8	6	4
	4	0	6	0	0	946	0	5	4	1	20
	5	4	1	0	14	1	859	5	1	2	5
	6	3	3	0	0	4	4	944	0	0	0
	7	0	21	4	0	2	0	0	990	0	11
	8	5	0	4	14	5	11	4	5	922	4
	9	3	4	2	5	8	5	1	6	1	974

Tablo 8. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	976	1	1	0	0	1	0	1	0	0
	1	0	1132	1	1	1	0	0	0	0	0
	2	9	5	996	2	0	0	1	15	4	0
	3	0	2	3	970	1	18	1	7	3	5
	4	0	5	0	0	941	0	5	4	0	27
	5	5	1	0	13	1	858	5	1	2	6
	6	5	3	0	0	3	3	944	0	0	0
	7	0	19	6	1	1	0	0	990	0	11
	8	5	0	3	15	4	11	4	4	922	6
	9	4	5	1	7	7	4	1	11	2	967

Tablo 9. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	973	1	1	0	0	2	2	1	0	0
	1	0	1131	3	0	0	0	1	0	0	0
	2	11	8	990	2	1	0	1	17	2	0
	3	0	0	3	976	1	16	0	6	5	3
	4	0	5	0	0	946	0	6	3	0	22
	5	2	1	0	8	1	865	6	2	1	6
	6	6	2	0	0	3	3	944	0	0	0
	7	0	20	2	0	3	0	0	994	0	9
	8	4	1	2	16	4	16	4	6	915	6
	9	2	5	4	7	8	5	1	7	2	968

Tablo 10. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	1	1	0	0	1	2	1	0	0
	1	0	1133	2	0	0	0	0	0	0	0
	2	9	7	997	2	0	0	1	14	2	0
	3	0	1	4	975	1	13	1	7	4	4
	4	0	5	0	0	948	0	5	4	1	19
	5	4	1	0	12	2	860	5	1	3	4
	6	4	3	0	0	4	3	944	0	0	0
	7	0	18	4	0	2	0	0	994	0	10
	8	7	0	3	13	5	11	3	4	923	5
	9	3	4	2	7	9	4	1	8	2	969

Tablo 11. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	1	1	0	0	1	2	1	0	0
	1	0	1133	2	0	0	0	0	0	0	0
	2	9	7	997	2	0	0	1	14	2	0
	3	0	1	4	975	1	13	1	7	4	4
	4	0	5	0	0	948	0	5	4	1	19
	5	4	1	0	12	2	860	5	1	3	4
	6	4	3	0	0	4	3	944	0	0	0
	7	0	18	4	0	2	0	0	994	0	10
	8	7	0	3	13	5	11	3	4	923	5
	9	3	4	2	7	9	4	1	8	2	969

Tablo 12. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	975	1	1	0	0	1	1	1	0	0
	1	0	1133	2	0	0	0	0	0	0	0
	2	9	6	997	2	0	0	1	15	2	0
	3	0	1	3	976	1	13	1	8	3	4
	4	0	5	0	0	947	0	5	4	1	20
	5	4	1	0	12	2	860	5	1	3	4
	6	4	3	0	0	4	3	944	0	0	0
	7	0	18	4	0	2	0	0	994	0	10
	8	6	0	3	14	5	12	3	4	922	5
	9	3	4	2	7	9	4	1	8	2	969

Tablo 13. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	975	1	1	0	0	1	1	1	0	0
	1	0	1132	2	0	0	0	1	0	0	0
	2	9	5	999	2	0	0	1	14	2	0
	3	0	2	3	975	1	14	0	7	3	5
	4	0	5	0	0	947	0	5	4	1	20
	5	3	1	0	10	2	861	7	1	2	5
	6	4	3	0	0	3	3	945	0	0	0
	7	0	17	6	0	2	0	0	994	0	9
	8	5	0	4	14	4	11	3	3	926	4
	9	3	4	2	7	10	3	1	8	2	969

Tablo 14. Boyut düşümü uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	970	0	0	0	0	3	2	1	3	1
	1	0	1123	3	3	0	2	2	0	1	1
	2	6	0	998	7	3	0	4	8	6	0
	3	0	0	9	978	0	5	0	9	7	2
	4	1	0	1	0	961	0	5	0	2	12
	5	3	0	0	9	3	865	6	1	4	1
	6	5	3	0	0	3	3	940	0	4	0
	7	1	2	17	0	1	0	0	994	1	12
	8	4	0	5	9	3	5	3	4	932	9
	9	5	5	3	10	8	1	1	5	6	965

Tablo 15. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	964	0	2	0	0	4	7	1	2	0
	1	0	1118	3	3	1	1	4	1	4	0
	2	10	1	971	9	8	0	6	12	15	0
	3	0	0	14	956	0	12	1	10	12	5
	4	1	0	4	0	942	0	9	2	2	22
	5	4	1	4	12	4	842	10	4	7	4
	6	9	3	1	0	5	6	933	0	1	0
	7	1	9	23	0	5	0	1	961	4	24
	8	7	0	4	18	11	12	2	6	905	9
	9	9	6	4	10	22	3	2	14	6	933

Tablo 16. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	965	0	0	1	0	3	7	1	3	0
	1	0	1121	2	2	1	1	5	0	3	0
	2	11	0	964	9	8	0	7	14	17	2
	3	1	0	10	956	1	14	1	7	13	7
	4	1	0	3	0	939	0	8	2	2	27
	5	5	1	5	18	5	832	11	3	7	5
	6	8	3	1	1	5	6	931	0	3	0
	7	1	8	20	0	7	0	0	965	3	24
	8	8	0	6	17	9	12	3	7	906	6
	9	7	5	3	11	26	5	3	12	7	930

Tablo 17. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	963	0	3	1	0	4	7	1	1	0
	1	0	1121	3	2	1	1	4	0	3	0
	2	10	0	964	11	8	1	5	13	18	2
	3	1	0	13	946	1	16	1	8	17	7
	4	0	0	3	1	939	0	9	1	2	27
	5	7	1	6	16	5	832	13	3	6	3
	6	11	3	1	0	5	7	927	0	4	0
	7	0	8	19	0	5	1	1	967	4	23
	8	7	0	7	16	10	12	3	8	905	6
	9	7	5	3	12	27	2	3	12	8	930

Tablo 18. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	961	0	4	0	0	3	9	1	2	0
	1	0	1122	4	3	1	1	3	0	1	0
	2	12	1	956	12	8	0	6	16	19	2
	3	3	0	15	943	1	10	1	9	19	9
	4	2	0	4	1	931	1	10	1	2	30
	5	4	0	7	23	4	822	16	4	9	3
	6	10	1	2	0	8	9	926	0	2	0
	7	1	10	19	0	9	0	0	959	4	26
	8	6	0	6	18	9	17	4	9	899	6
	9	9	4	2	13	24	2	2	15	10	928

Tablo 19. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	965	0	2	0	0	1	8	1	3	0
	1	0	1123	2	2	1	1	4	0	1	1
	2	10	0	970	9	8	0	6	12	16	1
	3	1	0	12	956	2	12	2	7	13	5
	4	1	0	3	0	948	0	9	1	2	18
	5	5	1	4	13	4	844	10	2	6	3
	6	10	4	1	0	4	7	930	0	2	0
	7	2	5	23	1	6	0	0	965	3	23
	8	6	0	9	17	9	12	5	7	902	7
	9	9	7	3	13	17	3	0	7	5	945

Tablo 20. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	966	0	0	0	0	2	8	1	3	0
	1	0	1121	2	3	1	1	4	0	2	1
	2	10	0	969	9	4	1	6	15	18	0
	3	0	0	12	949	0	12	3	13	17	4
	4	1	1	4	0	944	0	11	1	2	18
	5	4	1	3	15	2	848	8	2	4	5
	6	8	3	2	0	4	6	933	0	2	0
	7	1	7	23	2	5	0	0	962	3	25
	8	5	0	6	20	8	9	3	8	909	6
	9	10	6	2	9	25	4	2	8	7	936

Tablo 21. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	962	0	2	0	0	4	9	1	2	0
	1	0	1120	2	3	1	1	5	0	2	1
	2	9	0	976	6	5	2	5	12	15	2
	3	0	0	9	951	1	14	3	11	16	5
	4	1	0	3	0	945	0	10	0	3	20
	5	6	1	3	23	3	832	9	3	6	6
	6	10	3	2	1	4	3	933	0	2	0
	7	0	10	23	0	3	0	1	967	2	22
	8	5	0	8	22	6	12	1	8	899	13
	9	6	6	3	9	18	6	1	14	5	941

Tablo 22. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	962	0	2	1	0	3	7	1	4	0
	1	0	1122	3	2	1	0	3	0	4	0
	2	11	0	969	8	9	0	6	12	16	1
	3	1	0	12	948	1	13	3	9	17	6
	4	1	1	3	0	945	0	9	2	2	19
	5	7	1	8	11	5	828	10	5	10	7
	6	13	2	1	0	4	8	925	0	5	0
	7	0	8	21	1	6	1	0	961	5	25
	8	7	0	6	18	9	17	2	9	896	10
	9	8	7	3	12	27	4	1	14	6	927

Tablo 23. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	945	0	2	3	0	6	19	3	2	0
	1	0	1109	5	5	1	1	7	0	7	0
	2	12	0	933	20	9	0	9	11	37	1
	3	4	0	11	944	1	5	5	15	16	9
	4	1	5	9	1	912	2	10	5	1	36
	5	9	0	6	43	11	778	21	6	10	8
	6	11	2	8	0	4	15	914	0	4	0
	7	1	8	22	5	13	0	0	940	7	32
	8	10	1	18	36	15	31	6	9	837	11
	9	11	5	6	15	35	2	0	32	6	897

Tablo 24. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	949	0	2	2	1	5	17	2	2	0
	1	0	1109	5	4	1	2	7	0	7	0
	2	11	0	944	19	5	0	6	10	36	1
	3	2	1	10	944	0	8	5	14	18	8
	4	2	3	8	1	916	2	10	5	2	33
	5	9	0	9	40	8	787	19	4	9	7
	6	11	3	5	0	6	13	918	0	2	0
	7	0	9	26	2	10	0	1	949	4	27
	8	9	1	17	33	12	25	7	7	853	10
	9	8	5	5	14	30	2	0	31	5	909

Tablo 25. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	963	0	2	0	1	4	5	1	4	0
	1	0	1116	4	4	0	0	5	1	5	0
	2	7	0	963	13	8	1	3	9	26	2
	3	3	0	8	954	1	11	2	9	16	6
	4	1	2	6	0	935	1	8	1	3	25
	5	6	1	4	29	6	824	9	3	7	3
	6	8	3	1	0	4	8	933	0	1	0
	7	1	6	21	2	9	0	0	967	3	19
	8	7	0	10	25	10	19	3	6	882	12
	9	7	6	3	16	29	2	1	12	6	927

Tablo 26. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	966	0	2	0	0	3	6	1	2	0
	1	0	1121	3	4	0	1	3	0	3	0
	2	8	0	970	11	7	1	2	9	23	1
	3	1	0	7	957	1	13	2	9	16	4
	4	1	1	6	0	937	2	9	1	2	23
	5	5	1	4	21	7	836	9	1	5	3
	6	7	3	1	0	2	4	941	0	0	0
	7	1	6	20	1	5	0	0	972	2	21
	8	8	0	10	21	10	18	4	6	887	10
	9	7	6	3	14	23	3	1	12	7	933

Tablo 27. Boyut düşümü uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	973	0	2	0	0	2	0	1	2	0
	1	0	1129	2	1	0	1	0	1	1	0
	2	5	1	1014	0	1	0	1	6	4	0
	3	0	0	2	996	0	2	0	3	4	3
	4	0	0	4	0	966	0	2	0	0	10
	5	2	0	0	8	1	873	3	0	3	2
	6	5	2	0	0	2	3	945	0	1	0
	7	0	3	9	2	1	0	0	1007	0	6
	8	3	0	2	4	3	1	1	2	954	4
	9	1	3	0	7	9	3	1	5	0	980

Tablo 28. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	973	0	2	0	0	1	1	1	2	0
	1	0	1130	2	1	0	1	0	1	0	0
	2	4	1	1014	0	1	0	1	6	4	1
	3	0	0	2	996	0	3	0	3	4	2
	4	0	0	4	0	964	0	2	0	1	11
	5	2	0	0	7	1	873	3	1	3	2
	6	4	2	0	0	2	3	946	0	1	0
	7	0	3	8	2	1	0	0	1005	1	8
	8	3	0	2	3	2	3	1	2	953	5
	9	1	3	0	6	11	1	1	6	0	980

Tablo 29. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	971	0	2	0	0	2	2	1	2	0
	1	0	1130	2	1	0	1	0	1	0	0
	2	4	1	1015	0	1	0	1	5	4	1
	3	0	0	2	996	0	4	0	2	4	2
	4	0	0	3	0	965	0	3	0	1	10
	5	3	0	1	6	1	872	3	1	3	2
	6	4	2	0	0	3	2	946	0	1	0
	7	0	5	10	2	1	0	0	1003	1	6
	8	3	0	2	4	2	2	1	3	953	4
	9	1	3	0	6	8	1	1	6	0	983

Tablo 30. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	0	1	0	0	1	1	1	2	0
	1	1	1129	2	1	0	1	0	1	0	0
	2	3	1	1016	0	1	0	0	6	4	1
	3	0	0	2	995	1	3	1	2	5	1
	4	0	0	4	0	968	0	2	0	1	7
	5	2	0	0	6	1	873	3	1	5	1
	6	4	2	1	0	2	2	944	0	3	0
	7	0	3	8	2	2	0	0	1005	1	7
	8	4	0	1	5	3	2	1	2	952	4
	9	1	3	0	5	10	3	1	4	2	980

Tablo 31. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	973	0	2	1	0	0	1	1	2	0
	1	1	1129	2	1	0	0	0	1	1	0
	2	3	0	1017	1	2	0	0	6	3	0
	3	0	0	4	995	1	2	1	1	5	1
	4	2	0	3	0	965	0	3	1	2	6
	5	3	0	0	8	0	873	2	0	5	1
	6	3	2	0	0	1	3	946	0	3	0
	7	0	7	8	1	5	0	0	999	2	6
	8	3	0	1	4	2	2	1	4	954	3
	9	2	2	0	5	10	2	1	7	2	978

Tablo 32. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	973	0	2	0	0	2	0	1	2	0
	1	0	1129	2	1	0	1	0	1	1	0
	2	6	1	1012	0	1	0	1	6	4	1
	3	0	0	2	995	0	2	0	4	4	3
	4	0	0	4	0	965	0	2	0	0	11
	5	2	0	0	8	1	873	3	0	3	2
	6	5	2	0	0	2	3	945	0	1	0
	7	0	3	9	2	1	0	0	1006	0	7
	8	3	0	2	4	3	3	1	2	952	4
	9	1	3	0	8	9	3	1	5	0	979

Tablo 33. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	0	2	0	0	1	0	1	2	0
	1	0	1130	1	1	0	1	0	1	1	0
	2	5	1	1013	0	2	0	1	6	3	1
	3	0	0	3	996	0	1	0	3	4	3
	4	0	0	4	0	967	0	2	0	1	8
	5	2	0	0	9	1	873	3	0	2	2
	6	4	2	0	0	2	3	945	0	2	0
	7	0	3	9	2	1	0	0	1005	0	8
	8	3	0	2	3	3	3	1	2	952	5
	9	2	2	0	4	10	3	0	6	1	981

Tablo 34. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	973	0	1	0	0	2	1	1	2	0
	1	1	1128	2	1	0	1	0	1	1	0
	2	3	1	1016	0	1	0	2	5	3	1
	3	0	0	2	997	0	2	0	3	4	2
	4	1	0	3	0	966	0	2	0	0	10
	5	2	0	0	7	1	872	4	0	4	2
	6	4	2	0	0	2	4	944	0	2	0
	7	0	3	7	2	2	0	0	1004	1	9
	8	3	0	2	5	2	2	1	3	952	4
	9	2	3	0	5	8	2	1	4	2	982

Tablo 35. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	973	0	1	2	0	2	0	1	1	0
	1	1	1129	1	0	0	1	1	1	1	0
	2	4	1	1015	0	2	0	0	6	3	1
	3	0	0	2	999	1	2	0	1	4	1
	4	3	0	4	0	966	0	1	1	1	6
	5	1	0	0	6	1	874	3	1	4	2
	6	4	2	0	0	2	1	948	0	1	0
	7	0	3	10	1	3	0	0	1004	1	6
	8	4	0	1	5	3	3	0	3	952	3
	9	2	4	0	6	9	3	1	7	2	975

Tablo 36. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	0	1	0	0	2	0	1	2	0
	1	0	1129	2	1	0	1	0	1	1	0
	2	5	1	1014	0	1	0	1	7	3	0
	3	0	0	2	997	0	2	0	3	3	3
	4	0	0	2	0	969	0	3	0	0	8
	5	2	0	0	7	1	875	3	0	2	2
	6	3	2	0	0	2	2	948	0	1	0
	7	0	3	8	1	0	0	0	1010	1	5
	8	3	0	2	3	1	1	1	2	957	4
	9	1	3	0	6	7	2	1	5	2	982

Tablo 37. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	0	1	0	0	2	0	1	2	0
	1	0	1129	2	1	0	1	0	1	1	0
	2	5	1	1014	0	1	0	1	6	4	0
	3	0	0	2	997	0	2	0	3	3	3
	4	0	0	2	0	969	0	3	0	0	8
	5	2	0	0	7	1	875	3	0	2	2
	6	3	2	0	0	2	2	948	0	1	0
	7	0	3	9	1	0	0	0	1009	1	5
	8	3	0	2	3	1	1	1	2	957	4
	9	1	3	0	6	7	2	1	5	2	982

Tablo 38. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	974	0	1	0	0	2	0	1	2	0
	1	0	1129	2	1	0	1	0	1	1	0
	2	5	1	1014	0	1	0	1	6	4	0
	3	0	0	3	997	0	2	0	2	3	3
	4	0	0	2	0	967	0	3	0	0	10
	5	2	0	0	7	1	875	3	0	2	2
	6	3	2	0	0	2	2	948	0	1	0
	7	0	2	8	2	0	0	0	1010	0	6
	8	3	0	2	3	1	1	1	2	957	4
	9	1	3	0	6	7	2	1	5	2	982

Tablo 39. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Rakam									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Yazılmış Rakam	0	975	0	1	0	0	1	0	1	2	0
	1	0	1129	2	1	0	1	0	1	1	0
	2	5	0	1014	0	1	0	1	6	5	0
	3	0	0	2	997	1	2	0	3	3	2
	4	0	0	2	0	969	0	4	0	0	7
	5	2	0	0	6	1	876	3	0	2	2
	6	3	2	0	0	2	2	948	0	1	0
	7	0	2	10	2	0	0	0	1008	0	6
	8	3	0	2	2	2	1	1	2	957	4
	9	1	3	0	6	7	2	1	4	1	984

EK 2: FASHION MNIST SINIFLAMA HATA MATRİSLERİ

Fashion MNIST veri seti için tüm sınıflayıcılarda, DD uygulanmadan ve m/N oranı %100, %75, %50, %25 iken TDA-ÖK'nın uygulandığı, uygulanmadığı ve TBA uygulandığı durumlara ilişkin hata matrisleri Tablo 1. - Tablo 39.'da verilmektedir. Söz konusu matrislerde sınıflar arasında karar verme başarımını özellikle etkilediği düşünülecek bir karışma gözlenmemektedir.

Tablo 1. Boyut düşümü uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	844	0	17	16	4	0	111	1	7	0
	1	5	971	4	12	4	0	3	0	1	0
	2	22	2	801	11	83	0	81	0	0	0
	3	32	5	13	864	40	0	43	0	3	0
	4	1	1	106	23	779	0	88	0	2	0
	5	1	0	0	0	0	820	5	93	1	80
	6	165	1	117	21	73	0	610	0	13	0
	7	0	0	0	0	0	2	0	961	0	37
	8	1	0	9	3	6	0	16	7	957	1
	9	0	0	0	0	0	1	0	28	1	970

Tablo 2. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	842	0	21	14	7	1	107	1	7	0
	1	5	971	5	11	4	0	3	0	1	0
	2	18	1	802	12	84	0	83	0	0	0
	3	36	6	13	866	39	0	38	0	2	0
	4	1	1	113	25	762	0	97	0	1	0
	5	1	0	0	0	0	803	5	102	2	87
	6	158	0	130	23	66	0	612	0	11	0
	7	0	0	0	0	0	4	0	957	0	39
	8	1	0	9	3	6	0	20	6	955	0
	9	0	0	0	0	0	1	1	26	0	972

Tablo 3. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	845	0	18	16	6	1	105	1	8	0
	1	5	969	4	14	5	0	2	0	1	0
	2	16	2	808	11	81	0	81	0	1	0
	3	36	6	14	865	40	0	37	0	2	0
	4	1	1	106	24	769	0	97	0	2	0
	5	2	0	0	0	0	814	4	102	1	77
	6	167	0	126	22	70	0	603	0	12	0
	7	0	0	0	0	0	4	0	951	0	45
	8	1	0	10	3	5	0	19	5	957	0
	9	0	0	0	0	0	1	1	27	0	971

Tablo 4. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	847	0	19	13	6	0	106	1	8	0
	1	5	969	4	14	4	0	3	0	1	0
	2	21	2	793	8	87	0	88	0	1	0
	3	34	7	14	864	41	0	38	0	2	0
	4	1	2	115	25	758	0	98	0	1	0
	5	1	0	0	1	0	815	4	100	3	76
	6	165	0	116	20	75	0	611	0	13	0
	7	0	0	0	0	0	2	0	955	0	43
	8	2	0	10	4	6	0	17	6	955	0
	9	0	0	0	0	0	2	1	28	0	969

Tablo 5. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	847	0	20	17	7	0	103	0	6	0
	1	6	968	3	13	4	0	6	0	0	0
	2	20	1	799	9	82	0	89	0	0	0
	3	34	8	14	861	44	0	38	0	1	0
	4	1	2	109	28	761	0	98	0	1	0
	5	1	0	0	1	0	813	2	106	3	74
	6	169	0	120	23	70	0	604	0	14	0
	7	0	0	0	0	0	4	0	952	0	44
	8	2	1	11	4	8	1	14	4	953	2
	9	0	0	0	0	0	1	1	31	0	967

Tablo 6. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	844	0	17	16	4	0	111	1	7	0
	1	5	971	4	12	4	0	3	0	1	0
	2	22	2	801	11	83	0	81	0	0	0
	3	32	5	13	864	40	0	43	0	3	0
	4	1	1	106	23	779	0	88	0	2	0
	5	1	0	0	0	0	820	5	93	1	80
	6	165	1	117	21	73	0	610	0	13	0
	7	0	0	0	0	0	2	0	961	0	37
	8	1	0	9	3	6	0	16	7	957	1
	9	0	0	0	0	0	1	0	28	1	970

Tablo 7. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	842	0	21	13	5	0	112	1	6	0
	1	5	971	3	12	5	0	3	0	1	0
	2	20	2	801	11	87	0	79	0	0	0
	3	33	4	11	862	41	0	46	0	3	0
	4	1	1	105	25	775	0	89	0	4	0
	5	0	0	0	0	0	816	7	97	1	79
	6	161	0	125	24	74	0	605	0	11	0
	7	0	0	0	0	0	3	0	958	0	39
	8	1	0	10	3	7	0	18	5	954	2
	9	0	0	0	0	0	1	0	24	1	974

Tablo 8. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	839	1	20	19	4	0	108	1	8	0
	1	5	971	3	11	4	0	4	0	2	0
	2	19	2	798	12	86	0	83	0	0	0
	3	31	5	16	859	46	0	42	0	1	0
	4	3	0	110	27	757	0	101	0	2	0
	5	1	0	0	1	0	807	4	108	1	78
	6	166	1	120	22	72	0	612	0	7	0
	7	0	0	0	0	0	3	0	959	0	38
	8	1	1	11	4	6	0	15	7	955	0
	9	0	0	1	0	0	1	0	32	0	966

Tablo 9. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	836	0	17	15	7	1	115	2	7	0
	1	6	966	4	13	5	0	5	0	1	0
	2	17	1	780	12	99	0	90	0	1	0
	3	37	4	16	866	38	0	37	0	2	0
	4	1	0	111	25	766	0	92	0	5	0
	5	0	0	0	0	0	817	6	110	2	65
	6	165	1	120	22	65	0	614	0	13	0
	7	0	0	0	0	0	2	0	954	0	44
	8	1	1	11	6	4	1	15	5	955	1
	9	0	0	0	0	0	2	1	29	0	968

Tablo 10. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	844	0	17	16	4	0	111	1	7	0
	1	5	971	4	12	4	0	3	0	1	0
	2	22	2	801	11	83	0	81	0	0	0
	3	32	5	13	864	40	0	43	0	3	0
	4	1	1	106	23	779	0	88	0	2	0
	5	1	0	0	0	0	820	5	93	1	80
	6	165	1	117	21	73	0	610	0	13	0
	7	0	0	0	0	0	2	0	961	0	37
	8	1	0	9	3	6	0	16	7	957	1
	9	0	0	0	0	0	1	0	28	1	970

Tablo 11. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	846	0	17	16	3	0	110	1	7	0
	1	5	971	4	12	4	0	3	0	1	0
	2	21	2	799	11	84	0	83	0	0	0
	3	32	5	13	865	39	0	43	0	3	0
	4	1	1	107	22	776	0	90	0	3	0
	5	1	0	0	0	0	814	5	98	1	81
	6	167	1	119	23	72	0	607	0	11	0
	7	0	0	0	0	0	2	0	960	0	38
	8	1	0	8	3	5	0	16	7	959	1
	9	0	0	0	0	0	1	0	28	1	970

Tablo 12. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	841	0	16	16	4	1	114	1	7	0
	1	5	971	4	13	4	0	2	0	1	0
	2	21	2	794	12	88	0	82	0	1	0
	3	26	5	14	871	40	0	41	0	3	0
	4	1	1	106	23	776	0	90	0	3	0
	5	1	0	0	0	0	833	4	90	1	71
	6	161	1	113	22	72	0	619	0	12	0
	7	0	0	0	0	0	4	0	959	0	37
	8	1	0	7	3	6	0	15	5	962	1
	9	0	0	0	0	0	1	0	25	1	973

Tablo 13. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	839	0	16	18	7	1	109	1	9	0
	1	6	967	4	13	4	0	5	0	1	0
	2	19	2	783	9	100	0	86	0	1	0
	3	27	5	13	878	36	0	38	0	3	0
	4	1	0	93	26	786	0	90	0	4	0
	5	1	0	0	0	0	859	0	77	1	62
	6	156	0	104	24	87	0	615	0	14	0
	7	0	0	0	0	0	3	0	969	0	28
	8	0	0	7	4	8	1	12	6	961	1
	9	0	0	0	0	0	1	0	29	1	969

Tablo 14. Boyut düşümü uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	865	0	11	30	3	1	78	0	12	0
	1	3	966	4	18	3	0	4	0	2	0
	2	14	0	793	10	124	0	54	0	5	0
	3	19	2	10	910	29	0	28	0	2	0
	4	1	0	89	32	821	0	54	0	3	0
	5	0	0	0	1	0	958	0	27	1	13
	6	157	1	123	29	83	0	588	0	19	0
	7	0	0	0	0	0	9	0	954	0	37
	8	0	2	3	2	5	2	6	5	975	0
	9	0	0	0	0	0	7	0	43	2	948

Tablo 15. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	855	0	10	39	5	6	65	0	20	0
	1	6	941	8	36	5	0	2	0	2	0
	2	13	0	797	14	106	2	60	0	8	0
	3	25	3	4	891	35	2	35	0	5	0
	4	1	1	104	32	780	0	75	0	7	0
	5	0	0	0	1	0	928	0	45	2	24
	6	186	1	121	34	86	5	536	0	31	0
	7	0	0	0	0	0	40	0	913	1	46
	8	1	0	7	7	3	17	8	4	952	1
	9	0	0	0	1	0	29	0	35	1	934

Tablo 16. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	840	1	7	42	4	6	80	0	20	0
	1	5	945	7	34	5	0	3	0	1	0
	2	14	0	787	12	114	4	62	0	7	0
	3	25	4	4	886	33	2	40	0	6	0
	4	1	0	106	34	769	0	80	0	10	0
	5	1	0	0	0	0	925	0	47	2	25
	6	185	1	130	36	89	3	526	0	30	0
	7	0	0	0	0	0	41	0	911	1	47
	8	1	0	6	8	5	15	7	4	953	1
	9	0	0	0	1	0	26	0	36	1	936

Tablo 17. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	843	0	11	46	6	4	72	0	17	1
	1	5	944	9	35	3	0	2	0	2	0
	2	11	0	788	14	109	3	66	0	9	0
	3	27	4	7	887	32	2	35	0	6	0
	4	1	0	104	36	770	0	80	0	9	0
	5	1	0	0	0	0	924	0	45	3	27
	6	187	1	120	34	92	6	529	0	31	0
	7	0	0	0	0	0	39	0	912	1	48
	8	3	0	4	7	4	19	10	4	948	1
	9	0	0	0	1	0	26	0	35	1	937

Tablo 18. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	837	1	15	49	4	3	72	0	19	0
	1	2	942	6	40	4	1	4	0	1	0
	2	16	0	776	15	102	8	72	0	11	0
	3	28	4	5	884	34	3	37	0	5	0
	4	3	0	108	34	767	1	79	0	8	0
	5	0	0	0	0	0	925	0	44	3	28
	6	196	1	125	37	91	9	510	0	31	0
	7	0	0	0	0	0	40	0	911	1	48
	8	0	0	7	9	6	19	6	4	948	1
	9	0	0	0	1	0	26	0	38	1	934

Tablo 19. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	842	0	13	42	6	5	76	0	16	0
	1	3	944	8	34	4	0	5	0	2	0
	2	18	0	785	9	110	4	63	0	11	0
	3	26	3	5	887	27	2	45	0	5	0
	4	1	1	101	32	784	0	73	0	8	0
	5	0	0	0	2	0	925	0	44	3	26
	6	167	1	131	35	88	4	542	0	32	0
	7	0	0	0	0	0	39	0	912	0	49
	8	0	1	6	7	3	20	9	4	948	2
	9	0	0	0	0	0	24	0	41	1	934

Tablo 20. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	841	0	8	42	5	9	75	0	20	0
	1	7	940	10	34	4	0	3	0	2	0
	2	11	0	788	13	107	3	69	0	9	0
	3	26	4	6	889	28	1	41	0	5	0
	4	1	1	100	35	783	1	73	0	6	0
	5	0	0	0	1	0	929	0	44	3	23
	6	180	1	122	35	90	5	537	0	30	0
	7	0	0	0	0	0	41	0	912	1	46
	8	1	0	5	9	3	21	5	4	950	2
	9	0	0	0	0	0	26	0	40	1	933

Tablo 21. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	839	0	17	45	5	8	70	0	16	0
	1	5	940	7	38	5	0	3	0	2	0
	2	12	0	793	14	106	4	62	0	9	0
	3	26	2	6	889	30	3	38	0	6	0
	4	1	1	108	35	774	1	72	0	8	0
	5	0	0	0	2	0	924	0	46	3	25
	6	174	1	118	37	88	6	548	0	28	0
	7	0	0	0	0	0	35	0	911	0	54
	8	0	0	9	10	4	21	5	4	946	1
	9	0	0	0	0	0	27	0	36	1	936

Tablo 22. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	832	0	15	50	8	6	72	0	17	0
	1	4	942	6	39	7	1	1	0	0	0
	2	12	1	776	12	113	3	73	0	10	0
	3	31	1	3	888	31	3	37	0	6	0
	4	1	0	100	36	768	1	81	0	13	0
	5	0	0	0	1	0	922	0	52	2	23
	6	182	1	126	36	87	8	530	0	30	0
	7	0	0	0	0	0	37	0	913	1	49
	8	1	1	5	5	4	19	13	5	946	1
	9	0	0	0	0	0	26	0	36	1	937

Tablo 23. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	843	0	13	47	7	6	51	0	33	0
	1	8	945	6	27	5	0	5	0	4	0
	2	12	0	766	10	116	2	63	0	31	0
	3	24	2	5	867	37	1	53	0	11	0
	4	1	0	99	35	791	1	56	0	17	0
	5	0	0	0	0	0	898	1	45	7	49
	6	210	0	106	30	103	3	483	0	65	0
	7	0	0	0	0	0	39	0	899	1	61
	8	2	0	4	9	2	14	7	3	957	2
	9	0	0	0	0	0	20	0	33	1	946

Tablo 24. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	850	0	19	37	8	9	53	0	24	0
	1	6	951	6	28	4	0	3	0	2	0
	2	11	0	782	11	119	0	64	0	13	0
	3	25	3	4	889	34	2	36	0	7	0
	4	1	0	96	35	799	1	56	0	12	0
	5	0	0	0	1	0	919	0	35	7	38
	6	192	0	115	27	104	3	520	0	39	0
	7	0	0	0	0	0	34	0	916	1	49
	8	2	0	4	5	4	19	4	4	956	2
	9	0	0	0	0	0	18	0	33	1	948

Tablo 25. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	852	0	15	36	6	7	61	0	23	0
	1	6	951	7	28	4	0	2	0	2	0
	2	12	0	795	10	105	0	67	0	11	0
	3	27	4	4	886	32	1	37	0	9	0
	4	1	0	91	37	807	0	55	0	9	0
	5	0	0	0	2	0	922	0	35	4	37
	6	182	0	117	30	93	3	541	0	34	0
	7	0	0	0	0	0	32	0	921	1	46
	8	1	0	1	5	6	18	7	3	957	2
	9	0	0	0	0	0	19	0	31	1	949

Tablo 26. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	849	0	15	35	6	6	69	0	20	0
	1	7	955	7	24	4	0	1	0	2	0
	2	11	0	802	11	101	0	67	0	8	0
	3	27	4	7	895	24	2	33	0	8	0
	4	1	0	93	33	812	1	51	0	9	0
	5	0	0	0	1	0	921	0	44	3	31
	6	169	0	117	29	83	2	570	0	30	0
	7	0	0	0	0	0	31	0	930	0	39
	8	1	0	2	5	5	16	6	4	959	2
	9	0	0	0	0	0	19	0	35	1	945

Tablo 27. Boyut düşümü uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	853	0	13	21	6	1	100	0	6	0
	1	3	973	2	17	3	0	2	0	0	0
	2	20	3	836	9	74	0	56	0	2	0
	3	24	2	13	910	27	0	19	0	5	0
	4	0	1	82	21	835	0	60	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	974	0	17	1	7
	6	114	1	82	24	54	0	718	0	7	0
	7	0	0	0	0	0	16	0	962	0	22
	8	3	0	3	3	3	2	3	3	980	0
	9	0	0	0	0	0	8	1	30	0	961

Tablo 28. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	859	1	10	22	5	2	93	0	8	0
	1	1	968	4	23	2	0	2	0	0	0
	2	19	2	825	12	83	0	57	0	2	0
	3	29	3	10	900	31	0	22	0	5	0
	4	0	1	75	28	832	0	62	0	2	0
	5	0	0	0	1	0	958	0	30	2	9
	6	128	1	90	27	61	0	684	0	9	0
	7	0	0	0	0	0	22	0	959	0	19
	8	5	1	3	6	4	1	2	4	974	0
	9	0	0	0	0	0	7	1	31	0	961

Tablo 29. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	856	0	11	23	5	1	96	0	8	0
	1	1	968	4	23	2	0	2	0	0	0
	2	20	2	822	14	86	0	56	0	0	0
	3	22	5	12	901	32	1	23	0	4	0
	4	0	1	78	26	832	0	62	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	960	0	28	2	9
	6	128	2	88	28	63	0	681	0	10	0
	7	0	0	0	0	0	20	0	962	0	18
	8	5	1	2	6	3	2	5	3	973	0
	9	0	0	0	0	0	10	1	33	0	956

Tablo 30. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	853	0	10	22	5	1	99	0	10	0
	1	5	966	3	21	2	0	2	0	1	0
	2	20	2	818	10	85	0	64	0	1	0
	3	23	4	11	904	31	1	23	0	3	0
	4	1	1	82	29	826	0	60	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	954	0	32	2	11
	6	127	2	84	27	64	0	685	0	11	0
	7	0	0	0	0	0	18	0	964	0	18
	8	6	1	1	6	4	2	5	3	972	0
	9	0	0	0	0	0	12	1	34	0	953

Tablo 31. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	850	1	8	27	6	2	96	0	10	0
	1	2	963	2	25	2	0	5	0	1	0
	2	16	2	816	13	86	0	67	0	0	0
	3	29	4	14	891	35	1	23	0	3	0
	4	2	1	82	32	818	0	62	0	3	0
	5	0	0	0	1	0	955	0	34	1	9
	6	130	2	85	28	68	0	679	0	8	0
	7	0	0	0	0	0	17	0	962	0	21
	8	7	1	1	7	3	3	4	4	970	0
	9	0	0	0	0	0	10	1	34	0	955

Tablo 32. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	861	0	13	21	3	1	94	0	7	0
	1	3	968	2	21	2	0	4	0	0	0
	2	19	3	828	13	77	0	60	0	0	0
	3	27	3	11	905	28	0	20	0	6	0
	4	0	1	78	25	832	0	62	0	2	0
	5	0	0	0	1	0	966	0	23	1	9
	6	123	1	82	27	63	0	697	0	7	0
	7	0	0	0	0	0	18	0	964	0	18
	8	4	0	3	5	4	2	3	3	976	0
	9	0	0	0	0	0	9	1	34	0	956

Tablo 33. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	854	0	17	23	3	1	94	0	8	0
	1	3	967	3	23	2	0	2	0	0	0
	2	17	4	825	12	82	0	59	0	1	0
	3	25	4	11	907	30	0	18	0	5	0
	4	0	1	78	23	833	0	62	0	3	0
	5	0	0	0	1	0	964	0	23	2	10
	6	125	1	85	28	58	0	694	0	9	0
	7	0	0	0	0	0	20	0	963	0	17
	8	4	0	2	5	4	2	4	4	975	0
	9	0	0	0	0	0	7	1	33	0	959

Tablo 34. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	855	0	14	26	3	1	91	0	10	0
	1	2	968	2	22	2	0	4	0	0	0
	2	16	3	829	11	76	0	64	0	1	0
	3	29	3	12	907	28	0	16	0	5	0
	4	0	1	83	26	822	0	65	0	3	0
	5	0	0	0	1	0	960	0	28	2	9
	6	127	1	85	29	70	0	678	0	10	0
	7	0	0	0	0	0	20	0	964	0	16
	8	3	0	3	6	2	2	4	5	975	0
	9	0	0	0	0	0	12	1	35	0	952

Tablo 35. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	845	1	16	26	6	1	94	0	11	0
	1	1	966	4	25	1	0	3	0	0	0
	2	21	2	819	13	85	0	60	0	0	0
	3	29	6	11	900	29	0	20	0	5	0
	4	2	1	86	27	822	0	58	0	4	0
	5	0	0	0	1	0	954	0	31	2	12
	6	130	1	90	25	66	0	682	0	6	0
	7	0	0	0	0	0	19	0	963	0	18
	8	3	0	3	8	2	5	8	4	967	0
	9	0	0	0	0	0	10	1	32	0	957

Tablo 36. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	854	1	12	18	5	1	102	0	7	0
	1	2	976	1	16	3	0	2	0	0	0
	2	24	2	838	10	71	0	53	0	2	0
	3	25	5	11	908	27	0	18	0	6	0
	4	0	1	81	21	840	0	56	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	978	0	14	0	7
	6	109	1	79	24	57	0	722	0	8	0
	7	0	0	0	0	0	14	0	965	0	21
	8	1	0	3	4	2	2	3	3	982	0
	9	0	0	0	0	0	8	1	27	0	964

Tablo 37. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	851	1	12	19	5	1	104	0	7	0
	1	2	977	1	15	3	0	2	0	0	0
	2	23	3	837	10	72	0	53	0	2	0
	3	25	5	10	910	28	0	16	0	6	0
	4	0	1	79	21	838	0	60	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	978	0	14	0	7
	6	109	1	78	25	55	0	724	0	8	0
	7	0	0	0	0	0	13	0	966	0	21
	8	1	0	2	4	3	2	3	3	982	0
	9	0	0	0	0	0	11	1	27	0	961

Tablo 38. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	859	0	10	20	6	1	98	0	6	0
	1	3	978	1	13	3	0	2	0	0	0
	2	21	1	841	12	70	0	53	0	2	0
	3	24	3	9	913	27	0	18	0	6	0
	4	0	1	78	24	836	0	60	0	1	0
	5	0	0	0	1	0	976	0	15	0	8
	6	106	1	75	25	58	0	727	0	8	0
	7	0	0	0	0	0	10	0	971	0	19
	8	1	0	3	4	1	1	3	3	984	0
	9	0	0	0	0	0	8	1	26	0	965

Tablo 39. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orjinal Kategori	0	855	1	12	20	5	1	100	0	6	0
	1	3	977	1	14	3	0	2	0	0	0
	2	21	2	837	11	69	0	60	0	0	0
	3	23	5	10	912	28	0	17	0	5	0
	4	0	1	78	25	836	0	60	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	973	0	16	1	9
	6	112	1	80	26	57	0	715	0	9	0
	7	0	0	0	0	0	7	0	980	0	13
	8	3	0	3	3	2	2	1	3	983	0
	9	0	0	0	0	0	8	1	34	0	957

EK 3: CHINESE MNIST SINIFLAMA HATA MATRİSLERİ

Chinese MNIST veri seti için tüm sınıflayıcılarda, DD uygulanmadan ve m/N oranı %100, %75, %50, %25 iken TDA-ÖK'nın uygulandığı, uygulanmadığı ve TBA uygulandığı durumlara ilişkin hata matrisleri Tablo 1. - Tablo 39.'da verilmektedir. Söz konusu matrislerde sınıflar arasında karar verme başarımını özellikle etkilediği düşünülecek bir karışma gözlenmemektedir.

Tablo 1. Boyut düşümü uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	108	16	5	7	8	1	9	2	2	2	10	4	6	18	0
	1	0	189	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	86	94	21	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	57	57	94	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	51	14	18	82	4	3	2	2	3	1	7	1	8	2
	5	0	17	77	31	0	45	2	2	0	7	4	1	1	3	0
	6	0	106	5	2	0	0	68	0	3	0	4	0	2	3	1
	7	0	52	6	5	0	3	7	81	1	4	41	1	6	2	0
	8	0	10	0	1	0	0	5	1	194	0	1	0	0	0	0
	9	0	32	2	1	1	1	17	12	2	78	9	2	3	12	9
	10	0	29	1	0	0	0	0	0	0	0	115	0	32	0	0
	11	1	34	15	10	16	5	4	2	2	2	8	67	6	45	1
	12	0	28	6	4	0	0	0	0	0	0	82	0	72	1	0
	13	3	66	3	0	1	1	18	2	0	4	5	7	0	94	0
	14	0	57	5	8	5	3	6	11	7	14	5	4	2	7	79

Tablo 2. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	96	15	5	8	6	1	13	4	2	3	11	7	4	23	0
	1	0	187	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	84	96	22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	57	54	97	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	48	15	14	80	8	4	2	2	4	1	6	2	10	2
	5	0	17	76	35	1	43	2	3	0	6	3	2	0	1	1
	6	0	103	6	2	0	0	69	0	5	0	6	0	1	2	0
	7	0	56	9	4	0	3	6	81	1	2	35	3	7	2	0
	8	0	8	0	1	0	0	6	1	195	0	1	0	0	0	0
	9	0	36	2	1	1	1	19	12	2	77	8	1	1	12	8
	10	0	28	1	0	0	0	0	0	0	0	112	0	36	0	0
	11	2	30	13	15	11	5	4	6	4	2	9	69	4	43	1
	12	0	30	4	5	0	0	3	1	0	0	81	0	69	0	0
	13	2	61	3	1	1	3	20	2	1	2	5	4	0	99	0
	14	0	55	5	8	4	4	5	9	5	12	6	4	3	6	87

Tablo 3. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	97	16	2	10	6	1	16	6	2	2	11	6	7	16	0
	1	0	188	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	86	95	20	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	58	53	96	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	50	18	15	78	7	3	2	2	3	2	7	2	8	1
	5	0	15	78	35	1	42	2	3	0	5	4	2	0	3	0
	6	0	101	7	0	0	0	70	1	6	0	3	0	3	3	0
	7	0	53	12	7	1	2	5	79	1	2	37	1	7	2	0
	8	0	10	0	1	0	0	6	1	192	0	2	0	0	0	0
	9	1	36	1	1	1	2	16	11	1	76	11	1	1	13	9
	10	0	28	1	0	0	0	0	0	0	119	0	29	0	0	0
	11	2	34	12	18	14	5	4	5	1	0	7	69	7	39	1
	12	0	29	3	7	0	0	2	0	0	0	83	0	68	1	0
	13	2	56	5	0	1	1	23	2	1	3	4	7	0	98	1
	14	0	57	6	6	5	4	3	9	7	11	7	5	2	5	86

Tablo 4. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	107	12	3	10	5	3	11	3	2	3	10	6	5	18	0
	1	0	189	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	88	94	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	57	53	98	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	48	14	14	81	6	2	3	0	3	4	9	2	10	2
	5	0	17	78	33	1	42	2	3	0	4	4	2	0	4	0
	6	0	106	6	0	0	0	67	0	4	0	6	0	2	2	1
	7	0	53	7	6	2	2	4	82	1	2	42	1	5	2	0
	8	0	9	0	1	0	1	4	0	195	0	2	0	0	0	0
	9	1	35	1	0	1	3	20	11	2	76	9	2	1	12	7
	10	0	28	1	0	0	0	0	0	0	118	0	30	0	0	0
	11	1	29	13	13	12	8	5	5	1	0	8	73	9	40	1
	12	0	28	5	5	0	0	3	0	0	0	83	0	68	1	0
	13	2	49	5	0	5	2	25	3	1	3	4	7	1	97	0
	14	0	54	6	6	4	5	2	12	5	14	5	5	2	4	89

Tablo 5. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	106	15	1	4	10	3	11	5	2	3	6	5	7	20	0
	1	0	186	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	88	89	23	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	56	60	92	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	47	17	16	76	8	3	2	0	4	5	8	2	8	2
	5	0	19	79	32	0	43	2	3	0	4	3	2	0	3	0
	6	0	105	7	1	0	0	68	0	4	0	4	0	1	3	1
	7	0	53	6	7	1	1	4	84	1	3	38	0	9	2	0
	8	0	9	0	0	0	0	7	0	193	0	2	1	0	0	0
	9	1	31	2	2	1	2	21	11	1	76	11	2	1	13	6
	10	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	118	0	29	1	0
	11	1	25	13	16	16	9	2	3	1	2	11	66	5	47	1
	12	0	28	6	4	0	0	3	0	0	0	82	0	69	1	0
	13	3	54	3	1	3	2	26	1	1	3	3	11	1	92	0
	14	0	55	6	10	4	6	5	8	7	12	7	1	2	4	86

Tablo 6. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	108	16	5	7	8	1	9	2	2	2	10	4	6	18	0
	1	0	189	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	86	94	21	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	57	57	94	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	51	14	18	82	4	3	2	2	3	1	7	1	8	2
	5	0	17	77	31	0	45	2	2	0	7	4	1	1	3	0
	6	0	106	5	2	0	0	68	0	3	0	4	0	2	3	1
	7	0	52	6	5	0	3	7	81	1	4	41	1	6	2	0
	8	0	10	0	1	0	0	5	1	194	0	1	0	0	0	0
	9	0	32	2	1	1	1	17	12	2	78	9	2	3	12	9
	10	0	29	1	0	0	0	0	0	0	0	115	0	32	0	0
	11	1	34	15	10	16	5	4	2	2	2	8	67	6	45	1
	12	0	28	6	4	0	0	0	0	0	0	82	0	72	1	0
	13	3	66	3	0	1	1	18	2	0	4	5	7	0	94	0
	14	0	57	5	8	5	3	6	11	7	14	5	4	2	7	79

Tablo 7. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	108	14	6	9	7	1	9	2	2	3	13	2	6	16	0
	1	0	189	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	84	96	21	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	53	56	99	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	52	13	15	80	6	3	2	2	3	2	7	1	10	2
	5	0	17	72	34	1	45	2	2	0	6	3	2	2	4	0
	6	0	106	8	1	0	0	69	0	3	0	3	0	1	3	0
	7	0	52	8	5	0	2	6	80	1	4	39	1	8	2	1
	8	0	10	0	1	0	0	6	1	192	0	2	0	0	0	0
	9	0	32	2	0	1	2	22	11	2	76	8	2	3	13	7
	10	0	28	1	0	0	0	1	0	0	0	116	0	31	0	0
	11	1	35	15	14	13	5	5	4	2	3	7	66	3	44	1
	12	0	30	6	4	0	0	1	0	0	0	79	0	73	0	0
	13	2	65	6	0	2	1	17	3	0	3	6	7	0	91	1
	14	0	62	5	8	5	3	8	11	6	14	4	3	1	8	75

Tablo 8. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	108	16	7	6	7	1	10	2	2	2	11	1	8	16	1
	1	0	187	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	84	98	19	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	58	55	94	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	48	18	17	81	7	0	1	1	3	2	7	1	10	2
	5	0	18	71	34	0	49	2	2	0	5	3	1	1	4	0
	6	0	105	5	1	0	0	68	0	4	0	5	0	2	3	1
	7	0	52	8	5	0	2	5	85	1	3	37	2	7	2	0
	8	0	10	0	1	0	0	4	1	193	0	2	1	0	0	0
	9	1	33	2	1	1	1	20	12	1	75	10	2	1	12	9
	10	0	29	1	0	0	0	0	0	0	0	116	0	30	1	0
	11	2	27	14	12	13	8	5	4	2	2	12	65	3	48	1
	12	0	29	5	4	0	0	0	0	0	0	82	0	73	0	0
	13	2	60	4	0	2	1	20	2	1	3	5	7	0	97	0
	14	0	54	7	9	3	4	8	9	6	16	6	3	1	4	83

Tablo 9. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	104	14	5	6	6	3	7	3	2	2	10	6	7	23	0
	1	0	187	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	85	91	24	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	56	55	97	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	48	17	14	77	8	4	2	1	3	4	6	1	11	2
	5	0	17	78	34	0	42	2	3	0	5	4	1	0	3	1
	6	0	103	6	2	0	0	63	1	5	0	5	0	4	4	1
	7	0	53	9	7	0	1	4	82	2	3	37	1	7	3	0
	8	0	8	0	1	0	0	4	0	197	0	2	0	0	0	0
	9	1	35	0	4	1	1	13	9	1	78	11	1	2	14	10
	10	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	115	0	33	1	0
	11	2	31	12	16	14	9	5	4	3	2	9	64	3	44	0
	12	0	30	4	4	0	0	2	0	0	0	83	0	69	1	0
	13	2	60	3	1	5	2	26	2	0	3	4	7	0	89	0
	14	0	54	6	9	4	5	4	12	9	13	4	2	2	4	85

Tablo 10. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	108	16	5	7	8	1	9	2	2	2	10	4	6	18	0
	1	0	189	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	86	94	21	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	57	57	94	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	51	14	18	82	4	3	2	2	3	1	7	1	8	2
	5	0	17	77	31	0	45	2	2	0	7	4	1	1	3	0
	6	0	106	5	2	0	0	68	0	3	0	4	0	2	3	1
	7	0	52	6	5	0	3	7	81	1	4	41	1	6	2	0
	8	0	10	0	1	0	0	5	1	194	0	1	0	0	0	0
	9	0	32	2	1	1	1	17	12	2	78	9	2	3	12	9
	10	0	29	1	0	0	0	0	0	0	0	115	0	32	0	0
	11	1	34	15	10	16	5	4	2	2	2	8	67	6	45	1
	12	0	28	6	4	0	0	0	0	0	0	82	0	72	1	0
	13	3	66	3	0	1	1	18	2	0	4	5	7	0	94	0
	14	0	57	5	8	5	3	6	11	7	14	5	4	2	7	79

Tablo 11. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	108	16	5	7	8	1	9	2	2	2	10	4	6	18	0
	1	0	189	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	86	94	21	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	57	57	94	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	51	14	18	82	4	3	2	2	3	1	7	1	8	2
	5	0	17	77	31	0	45	2	2	0	7	4	1	1	3	0
	6	0	106	5	2	0	0	68	0	3	0	4	0	2	3	1
	7	0	52	6	5	0	3	7	81	1	4	41	1	6	2	0
	8	0	10	0	1	0	0	5	1	194	0	1	0	0	0	0
	9	0	32	2	1	1	1	17	12	2	78	9	2	3	12	9
	10	0	29	1	0	0	0	0	0	0	0	115	0	32	0	0
	11	1	34	15	10	16	5	4	2	2	2	8	67	6	45	1
	12	0	28	6	4	0	0	0	0	0	0	82	0	72	1	0
	13	3	66	3	0	1	1	18	2	0	4	5	7	0	94	0
	14	0	57	5	8	5	3	6	11	7	14	5	4	2	7	79

Tablo 12. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	108	16	5	7	8	1	9	2	2	2	10	4	6	18	0
	1	0	189	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	86	94	21	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	57	57	94	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	51	14	18	82	4	3	2	2	3	1	7	1	8	2
	5	0	17	77	32	0	45	2	2	0	7	3	1	1	3	0
	6	0	106	5	2	0	0	68	0	3	0	4	0	2	3	1
	7	0	52	6	5	0	3	7	81	1	4	41	1	6	2	0
	8	0	10	0	1	0	0	5	1	194	0	1	0	0	0	0
	9	0	32	2	1	1	1	17	12	2	78	9	2	3	12	9
	10	0	29	1	0	0	0	0	0	0	0	115	0	32	0	0
	11	1	34	15	10	16	5	4	2	2	2	8	67	6	45	1
	12	0	28	6	4	0	0	0	0	0	0	82	0	72	1	0
	13	3	66	3	0	1	1	18	2	0	4	5	7	0	94	0
	14	0	57	5	8	5	3	6	11	7	14	5	4	2	7	79

Tablo 13. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	116	14	5	7	6	1	9	3	2	2	9	3	5	16	0
	1	0	189	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	84	96	21	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	57	56	95	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	49	14	15	83	5	4	2	2	3	1	7	1	10	2
	5	0	17	75	32	0	48	2	2	0	7	2	1	1	2	1
	6	0	101	4	2	0	0	74	0	3	0	4	0	1	4	1
	7	0	50	7	4	0	2	7	85	1	4	40	1	6	2	0
	8	0	8	0	1	0	0	5	1	196	0	1	0	0	0	0
	9	0	31	2	1	1	1	16	12	2	78	11	2	2	12	10
	10	0	26	1	0	0	0	0	0	0	0	117	0	33	0	0
	11	2	32	14	12	15	5	4	2	2	2	8	68	5	46	1
	12	0	28	6	4	0	0	0	0	0	0	80	0	74	1	0
	13	3	63	2	0	1	1	18	2	0	4	5	7	0	98	0
	14	0	54	6	7	5	3	5	9	4	14	3	4	2	8	89

Tablo 14. Boyut düşümü uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	173	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	14	3	2	2
	1	0	190	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	2	0	22	152	21	0	0	3	0	4	0	0	0	1	0	0
	3	4	1	42	146	0	3	8	2	1	1	0	0	0	3	1
	4	7	0	3	1	147	1	5	5	1	2	2	6	2	5	11
	5	16	1	3	11	4	119	2	3	2	4	1	9	1	10	4
	6	4	1	8	2	2	2	122	13	20	5	4	1	4	3	3
	7	11	4	12	3	2	6	9	125	3	8	9	4	3	7	3
	8	0	12	7	3	0	1	13	0	167	2	5	0	0	1	1
	9	12	6	1	0	1	13	16	14	3	90	1	0	0	4	20
	10	2	7	1	1	0	0	0	0	1	0	144	0	21	0	0
	11	34	2	0	0	8	10	5	12	0	2	6	112	9	16	2
	12	14	1	1	2	0	1	2	0	3	1	51	0	117	0	0
	13	20	0	4	4	3	7	6	12	4	0	11	14	9	108	2
	14	14	0	6	0	17	6	16	17	2	20	1	1	1	1	111

Tablo 15. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	182	0	0	1	1	0	3	0	2	2	1	3	1	2	0
	1	0	178	16	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	43	129	23	0	0	4	0	0	0	3	0	1	0	0
	3	2	14	38	123	0	8	18	0	0	1	1	1	5	0	1
	4	21	2	6	1	106	9	10	3	5	4	5	6	3	2	15
	5	24	3	5	8	2	118	3	1	4	9	2	6	2	1	2
	6	3	19	6	3	2	2	113	1	20	13	1	2	3	5	1
	7	13	6	8	5	5	8	6	88	12	12	24	1	8	4	9
	8	0	7	1	1	0	0	10	0	191	1	0	0	0	0	1
	9	21	0	1	0	4	11	9	6	6	101	0	2	5	7	8
	10	3	9	0	0	0	0	2	0	2	0	135	1	25	0	0
	11	49	3	1	2	5	22	6	9	7	8	8	72	14	10	2
	12	14	6	6	2	1	1	14	0	4	0	55	2	86	0	2
	13	30	7	2	1	8	11	18	3	18	9	5	12	2	76	2
	14	11	1	1	3	11	4	10	8	10	16	1	2	3	9	123

Tablo 16. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	182	0	1	0	2	0	4	0	0	2	1	1	2	2	1
	1	0	179	16	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	2	0	49	126	21	0	0	2	0	0	0	3	0	1	0	1
	3	5	16	41	124	1	5	13	0	0	0	2	0	5	0	0
	4	19	4	3	2	105	7	5	2	5	10	3	6	4	8	15
	5	22	3	8	5	4	118	4	1	5	7	1	5	1	3	3
	6	3	17	6	4	3	0	115	3	16	9	1	3	3	5	6
	7	12	8	9	4	2	5	5	100	11	11	20	2	5	4	11
	8	0	5	0	0	0	0	14	0	190	1	0	0	0	0	2
	9	22	0	1	1	2	9	17	9	4	85	0	2	0	12	17
	10	2	9	0	1	1	0	2	0	2	0	135	1	23	1	0
	11	45	2	2	3	7	22	7	4	9	10	8	77	12	8	2
	12	12	6	5	6	2	1	13	2	2	1	57	0	83	0	3
	13	31	8	2	1	8	9	11	4	16	12	6	10	3	80	3
	14	9	1	1	0	16	4	15	6	13	24	0	1	3	9	111

Tablo 17. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	185	0	0	0	1	0	5	0	1	0	0	1	3	2	0
	1	0	178	16	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	45	124	25	0	0	5	0	1	0	1	0	1	0	1
	3	4	16	43	116	1	9	15	1	0	1	1	1	3	0	1
	4	19	3	3	2	108	8	8	4	6	6	3	6	5	3	14
	5	23	3	4	9	2	118	4	2	6	7	3	5	1	2	1
	6	4	20	6	5	4	4	110	2	17	10	1	1	2	5	3
	7	13	7	7	4	4	5	3	100	13	8	20	1	9	5	10
	8	1	7	0	1	0	0	12	0	190	1	0	0	0	0	0
	9	23	0	2	0	4	6	12	9	4	93	1	3	0	6	18
	10	2	11	0	0	1	0	3	0	2	0	135	1	22	0	0
	11	50	2	1	5	5	22	9	2	8	7	6	71	10	16	4
	12	13	7	6	5	1	3	11	1	3	1	54	2	84	0	2
	13	26	7	3	1	7	8	14	6	15	13	4	18	4	75	3
	14	10	1	2	8	15	0	13	12	11	12	1	5	4	5	114

Tablo 18. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	183	0	0	1	2	0	3	1	1	1	1	2	2	1	0
	1	0	179	16	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	48	121	25	0	1	3	0	0	0	4	0	1	0	0
	3	2	14	42	116	1	12	14	1	0	1	2	0	5	1	1
	4	24	3	7	3	101	9	6	3	5	6	4	5	6	3	13
	5	26	3	5	5	4	111	2	4	6	8	2	6	4	2	2
	6	3	19	3	6	5	2	116	2	16	9	1	2	3	4	3
	7	12	5	10	4	3	5	9	91	13	11	19	3	10	3	11
	8	0	9	0	1	1	0	12	0	188	0	0	0	0	0	1
	9	21	0	2	1	7	10	16	8	5	85	1	2	2	8	13
	10	4	9	1	1	1	0	2	0	3	0	135	0	21	0	0
	11	45	3	1	1	5	19	9	6	7	10	7	78	10	12	5
	12	13	7	5	3	2	3	13	1	2	1	59	1	81	0	2
	13	30	8	0	1	7	7	16	7	19	12	4	17	4	69	3
	14	8	1	2	5	16	4	14	7	18	15	1	4	1	6	111

Tablo 19. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	0	1	4	0	0	1	0	1	3	2	0
	1	0	175	16	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
	2	0	45	122	25	0	2	4	0	0	0	1	0	3	0	1
	3	3	13	42	128	1	5	12	0	0	1	1	0	4	1	1
	4	22	1	0	1	113	8	8	1	5	5	3	7	6	5	13
	5	24	3	5	11	2	114	2	0	5	7	2	9	3	1	2
	6	2	16	3	8	2	2	117	1	19	13	0	0	4	5	2
	7	12	8	5	3	3	8	4	97	15	9	23	3	10	3	6
	8	0	6	0	1	0	1	8	0	192	1	0	0	1	1	1
	9	23	1	1	1	3	13	12	7	4	91	1	3	0	9	12
	10	4	8	0	0	1	0	3	0	2	0	130	0	28	1	0
	11	48	3	0	5	4	24	6	3	7	7	6	84	9	11	1
	12	13	7	2	3	1	2	15	0	3	1	62	2	82	0	0
	13	37	7	3	1	3	7	9	6	13	16	0	14	1	86	1
	14	11	0	2	4	8	3	14	10	8	24	1	3	2	12	111

Tablo 20. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	185	0	0	0	0	0	7	0	1	2	0	1	1	1	0
	1	0	176	18	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	47	121	26	0	0	4	0	0	0	3	0	2	0	0
	3	4	13	44	125	0	5	11	0	0	2	1	0	5	2	0
	4	20	4	1	1	110	8	8	3	6	5	3	5	6	5	13
	5	20	3	4	8	5	119	2	3	6	4	3	8	2	2	1
	6	2	17	3	6	1	4	121	1	17	10	2	0	4	4	2
	7	16	7	9	2	2	5	5	95	14	6	26	3	8	4	7
	8	0	5	2	1	0	0	8	0	192	0	1	0	0	0	3
	9	26	2	1	1	3	8	14	7	7	87	2	6	1	3	13
	10	4	8	0	1	1	0	2	0	2	0	136	1	22	0	0
	11	52	2	2	3	9	21	5	6	9	8	5	69	14	10	3
	12	14	7	5	3	2	4	10	0	1	0	59	1	83	2	2
	13	32	7	1	0	2	7	16	6	16	12	5	8	3	86	3
	14	11	1	3	5	14	5	12	14	10	20	0	1	3	8	106

Tablo 21. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	184	0	0	1	1	0	3	0	1	3	0	2	1	2	0
	1	0	180	16	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	45	129	20	0	1	4	0	0	0	2	0	1	0	1
	3	4	16	43	119	1	6	17	0	0	0	2	0	2	1	1
	4	24	2	4	1	112	6	7	1	5	4	3	5	8	7	9
	5	19	3	5	8	1	121	3	0	6	13	4	2	1	4	0
	6	2	18	5	4	2	2	118	1	16	9	1	2	5	3	6
	7	12	9	5	2	1	8	7	87	15	10	22	3	11	5	12
	8	1	5	2	0	0	0	11	2	189	1	0	0	0	0	1
	9	23	1	0	1	4	3	12	10	3	93	2	2	0	9	18
	10	4	11	1	0	1	1	2	0	3	0	131	0	23	0	0
	11	45	3	0	3	10	24	6	3	9	5	9	72	14	13	2
	12	14	7	4	5	1	2	10	0	3	0	52	1	90	2	2
	13	31	8	1	0	5	9	11	4	14	12	5	13	2	83	6
	14	13	1	1	3	13	2	12	10	10	17	0	1	5	7	118

Tablo 22. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	185	0	0	1	0	1	2	0	2	0	0	1	3	3	0
	1	0	178	16	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	0	46	128	23	0	0	3	0	0	0	1	0	1	0	1
	3	5	17	45	114	0	9	13	0	0	0	2	0	4	2	1
	4	23	2	3	2	105	7	9	0	6	5	6	7	7	1	15
	5	26	2	6	8	5	108	3	2	6	8	2	11	0	1	2
	6	4	22	4	4	3	1	116	1	12	10	1	1	3	7	5
	7	15	8	6	3	5	10	10	91	11	6	15	2	12	6	9
	8	0	8	0	2	0	0	9	0	190	0	0	0	1	0	2
	9	21	0	1	0	6	11	12	8	2	88	0	5	2	9	16
	10	4	9	0	1	0	0	4	0	3	0	132	1	23	0	0
	11	47	4	0	4	6	22	6	6	7	9	5	76	9	10	7
	12	15	6	6	4	1	2	8	0	2	2	59	1	84	0	3
	13	29	8	2	1	8	8	16	5	19	8	3	10	2	82	3
14	12	1	0	4	17	6	10	10	17	13	0	3	3	4	113	

Tablo 23. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	174	0	0	1	0	1	6	1	1	4	0	5	1	3	1
	1	3	152	29	5	0	0	4	0	1	0	1	0	3	0	0
	2	15	44	94	32	1	4	1	1	5	0	2	0	2	1	1
	3	31	19	36	90	1	9	10	2	1	1	1	1	7	0	3
	4	48	3	0	3	67	9	13	9	1	6	13	5	2	3	16
	5	46	4	9	12	8	77	5	1	2	3	12	5	3	2	1
	6	34	14	6	5	2	0	85	2	15	4	2	2	6	4	13
	7	37	9	6	2	3	10	10	52	9	13	27	6	5	5	15
	8	13	4	0	1	0	0	5	0	184	0	2	0	0	1	2
	9	43	2	2	1	7	3	12	10	3	47	8	5	1	12	25
	10	6	6	1	1	0	3	0	1	1	0	126	1	28	0	3
	11	65	2	7	3	7	26	9	6	3	12	15	40	9	9	5
	12	27	3	6	3	0	1	10	2	4	2	49	3	79	1	3
	13	50	3	8	2	6	6	10	6	14	13	23	9	7	42	5
	14	60	1	1	2	8	3	12	9	17	20	3	3	5	5	64

Tablo 24. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	178	0	1	0	1	1	5	2	0	2	0	3	1	2	2
	1	3	157	25	2	1	0	8	0	0	0	1	0	1	0	0
	2	15	44	102	26	0	5	3	0	4	0	1	1	2	0	0
	3	25	16	40	90	2	7	12	3	1	0	1	1	10	1	3
	4	44	2	2	3	72	13	9	6	2	6	7	9	1	4	18
	5	42	3	10	11	6	85	1	2	2	6	10	4	1	3	4
	6	30	15	9	7	0	0	82	4	14	7	2	0	7	2	15
	7	35	8	6	2	5	5	12	59	11	14	24	4	5	2	17
	8	13	6	1	0	0	0	6	0	179	0	3	0	1	0	3
	9	42	1	1	2	4	4	8	13	4	51	11	5	4	11	20
	10	10	6	0	3	1	1	1	0	3	0	129	0	21	2	0
	11	56	3	5	5	3	31	10	6	5	7	14	44	8	13	8
	12	28	3	4	2	0	6	12	1	6	1	50	2	74	1	3
	13	45	3	7	1	7	8	15	6	15	15	26	12	5	35	4
	14	51	0	1	0	5	3	14	9	17	17	2	0	4	7	83

Tablo 25. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	178	0	0	1	2	0	6	1	0	3	0	1	1	4	1
	1	1	159	29	1	0	0	6	0	1	0	0	0	0	1	0
	2	6	40	108	30	0	2	2	0	6	0	3	0	0	2	4
	3	21	13	51	102	0	5	7	0	2	0	3	0	1	1	6
	4	34	3	4	1	81	15	9	3	4	3	10	5	2	5	19
	5	33	3	8	14	3	87	2	1	2	9	14	3	2	4	5
	6	26	15	8	4	0	1	86	1	19	4	4	1	3	2	20
	7	23	6	11	4	5	13	7	54	18	4	25	7	6	3	23
	8	3	4	2	0	0	0	5	0	195	1	2	0	0	0	0
	9	37	2	1	2	9	7	11	11	6	46	11	2	2	7	27
	10	7	5	1	0	2	1	2	0	3	0	134	0	22	0	0
	11	52	3	5	6	9	28	7	8	5	6	9	47	10	11	12
	12	19	2	7	3	0	2	9	3	4	0	52	2	79	3	8
	13	38	4	4	3	7	6	14	2	15	9	23	13	9	45	12
	14	27	0	2	0	8	3	9	8	15	21	4	3	8	6	99

Tablo 26. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	180	0	0	0	2	0	7	0	1	1	0	0	3	3	1
	1	0	168	22	1	0	0	5	0	1	0	0	0	0	1	0
	2	2	39	126	25	1	1	3	0	4	0	1	0	0	0	1
	3	12	11	47	120	0	3	13	1	2	0	0	0	1	1	1
	4	26	2	1	3	98	13	8	2	2	4	5	5	3	8	18
	5	18	3	10	12	4	111	3	4	1	5	7	5	2	3	2
	6	13	13	7	5	3	1	119	4	9	6	0	1	1	5	7
	7	16	6	9	0	6	10	7	74	17	11	24	1	10	3	15
	8	2	4	0	1	0	0	6	0	195	0	2	0	0	0	2
	9	20	1	1	0	4	8	15	10	3	67	7	2	3	13	27
	10	3	5	1	1	1	1	2	0	3	0	140	0	20	0	0
	11	44	1	5	6	8	27	8	4	5	9	11	56	7	17	10
	12	13	2	6	1	0	4	6	0	4	1	54	0	97	1	4
	13	29	3	4	1	4	8	12	1	19	12	12	13	4	77	5
14	13	0	1	1	7	3	17	9	16	18	2	1	3	8	114	

Tablo 27. Boyut düşümü uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	1	4	0
	1	0	191	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	20	161	19	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	1	0	35	156	0	6	10	1	0	0	1	0	2	0	0
	4	5	0	0	1	155	3	1	3	0	1	0	6	4	6	13
	5	7	1	0	5	2	152	1	2	0	6	1	8	0	4	1
	6	1	3	5	8	1	2	154	2	2	4	1	2	4	3	2
	7	2	0	3	0	4	8	3	146	1	10	7	4	4	8	9
	8	0	4	0	1	0	0	5	3	196	1	0	0	1	1	0
	9	5	0	0	0	2	8	1	10	0	134	0	0	0	9	12
	10	2	3	1	0	0	0	2	0	0	0	156	0	12	0	1
	11	18	0	0	1	14	18	2	4	0	6	3	140	1	10	1
	12	6	0	1	0	1	2	6	0	1	0	46	2	125	1	2
	13	13	2	0	0	7	7	3	6	4	10	1	5	1	143	2
	14	0	0	0	1	8	1	3	9	0	17	0	1	1	4	168

Tablo 28. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	183	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	1	4	0
	1	0	192	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	22	161	17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	1	31	157	0	5	12	1	0	1	1	1	2	0	0
	4	4	0	0	1	159	2	1	1	0	2	0	8	4	4	12
	5	5	1	0	4	4	153	2	3	0	6	2	6	0	3	1
	6	1	3	4	7	1	4	152	3	3	4	1	2	2	5	2
	7	3	0	2	0	4	8	5	144	3	9	6	3	3	7	12
	8	0	4	0	1	0	2	6	2	193	1	0	0	1	1	1
	9	4	0	0	0	5	7	1	8	0	135	0	0	0	9	12
	10	2	3	1	0	0	0	1	0	0	0	156	0	13	0	1
	11	16	0	0	0	12	19	1	5	0	6	3	140	2	12	2
	12	6	0	1	1	1	3	6	0	1	0	44	1	126	1	2
	13	14	2	0	0	8	3	4	4	3	10	2	6	1	145	2
	14	1	0	0	0	8	1	5	7	0	16	0	1	1	5	168

Tablo 29. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	6	1	3	0
	1	0	193	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	23	158	19	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	1	29	160	0	5	11	1	0	0	1	1	3	0	0
	4	5	0	0	1	157	1	1	2	0	2	0	8	4	5	12
	5	7	1	0	3	2	154	2	2	0	6	2	8	0	3	0
	6	1	3	4	7	1	4	152	2	3	4	2	2	2	5	2
	7	3	0	2	1	4	10	4	143	3	7	5	4	3	10	10
	8	0	4	1	1	0	2	7	2	192	1	0	0	0	1	1
	9	4	0	0	0	2	8	1	6	0	138	0	0	0	10	12
	10	2	3	1	0	0	0	1	0	0	0	156	0	13	0	1
	11	17	0	0	0	14	16	1	4	0	5	4	141	2	12	2
	12	6	0	1	1	1	3	5	0	1	0	45	1	125	2	2
	13	13	1	0	0	8	3	4	5	4	10	2	7	2	143	2
	14	0	0	1	0	7	1	3	7	0	18	0	1	1	5	169

Tablo 30. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	184	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	1	3	0
	1	0	192	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	23	159	19	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	2	30	157	0	5	12	1	0	0	1	1	2	1	0
	4	6	0	0	1	155	1	2	2	0	2	0	9	4	5	11
	5	7	1	1	3	3	153	1	2	0	8	2	8	0	1	0
	6	1	3	5	6	2	3	154	2	1	4	1	1	5	4	2
	7	3	0	4	0	4	10	4	143	2	9	6	4	4	7	9
	8	0	4	1	1	0	2	6	3	192	1	0	0	0	1	1
	9	4	0	0	0	3	8	2	6	0	136	0	0	1	8	13
	10	2	3	1	0	0	0	2	0	0	0	156	0	12	0	1
	11	17	0	0	0	13	18	2	4	0	5	3	140	2	12	2
	12	6	0	1	1	2	3	5	0	1	0	44	0	126	2	2
	13	15	2	0	0	6	4	5	4	4	7	2	8	2	143	2
	14	1	0	0	0	10	1	3	7	0	16	0	2	2	6	165

Tablo 31. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	183	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	1	2	1
	1	0	191	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	25	156	19	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	3	1	1	34	154	0	5	12	1	0	0	0	1	1	1	1
	4	7	0	0	1	151	2	2	5	0	2	0	10	4	5	9
	5	8	1	0	3	5	148	1	3	0	7	3	9	0	2	0
	6	1	3	4	5	2	3	155	2	1	4	1	2	6	3	2
	7	4	1	1	1	5	5	5	141	4	7	7	2	4	7	15
	8	0	2	0	0	1	2	7	1	195	1	1	0	0	1	1
	9	4	0	0	0	7	5	2	8	0	130	0	0	0	9	16
	10	2	3	1	0	0	0	1	0	1	0	155	0	13	0	1
	11	23	0	0	1	13	19	2	4	0	5	1	134	1	13	2
	12	5	0	2	1	1	4	5	0	0	1	44	1	127	1	1
	13	11	2	1	0	6	5	9	7	2	12	0	8	1	137	3
	14	1	0	0	0	11	1	3	7	0	14	0	3	2	8	163

Tablo 32. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	1	4	0
	1	0	191	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	20	161	19	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	1	35	156	0	6	10	1	0	0	1	0	2	0	0
	4	6	0	0	1	156	2	0	3	0	1	0	6	4	6	13
	5	7	1	0	5	2	151	1	2	0	7	1	8	0	4	1
	6	1	3	5	8	1	2	154	2	2	4	1	2	4	3	2
	7	2	0	3	0	4	9	3	146	2	10	7	3	4	7	9
	8	0	4	0	1	0	0	5	3	196	1	0	0	1	1	0
	9	5	0	0	0	2	8	1	10	0	133	0	0	0	10	12
	10	2	3	1	1	0	0	2	0	0	0	155	0	12	0	1
	11	15	0	0	1	15	18	2	3	0	6	3	142	1	11	1
	12	6	0	1	0	1	2	7	0	1	0	46	2	124	1	2
	13	14	2	0	0	7	7	3	6	4	10	1	4	1	143	2
	14	1	0	0	1	8	1	3	9	0	17	0	1	1	5	166

Tablo 33. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	1	5	0
	1	0	193	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	22	159	18	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	3	1	1	33	155	0	6	11	1	0	1	2	0	1	0	0
	4	5	0	0	1	160	2	0	1	0	1	0	6	4	5	13
	5	8	1	1	4	2	150	2	2	0	7	1	9	0	3	0
	6	0	3	4	8	1	2	155	2	3	4	1	2	2	5	2
	7	2	0	2	1	4	8	3	148	3	7	7	3	4	6	11
	8	0	4	1	1	0	0	6	3	194	1	0	0	1	1	0
	9	5	0	0	0	4	7	1	9	0	136	0	0	0	8	11
	10	2	3	1	0	0	0	2	0	0	0	156	0	12	0	1
	11	18	0	0	0	14	16	1	4	0	5	4	142	1	11	2
	12	6	0	1	1	2	2	7	0	0	0	44	2	123	3	2
	13	14	2	0	0	9	6	4	4	3	9	1	5	1	143	3
	14	1	0	0	0	9	1	3	7	0	19	0	1	1	5	166

Tablo 34. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	187	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	1	3	0
	1	0	190	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	20	163	17	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	2	34	157	0	6	8	1	0	0	0	0	4	0	0
	4	8	0	0	1	158	0	1	2	0	3	0	7	3	5	10
	5	7	0	0	4	3	149	3	2	0	6	1	8	0	6	1
	6	0	3	3	8	2	2	155	1	2	5	1	1	3	6	2
	7	3	0	3	0	6	9	2	143	4	11	6	3	4	7	8
	8	0	4	0	2	0	0	4	3	194	2	1	0	0	1	1
	9	5	0	0	0	4	7	1	9	0	131	1	1	0	9	13
	10	2	4	1	1	0	0	1	0	0	0	155	0	12	0	1
	11	17	0	0	0	15	17	1	3	0	5	3	142	3	12	0
	12	6	0	1	1	1	2	5	0	1	1	44	1	127	1	2
	13	13	2	0	0	8	5	5	4	4	9	2	5	1	142	4
	14	2	0	0	0	10	1	3	9	0	16	0	1	1	5	165

Tablo 35. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	1	2	1
	1	0	191	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	24	157	20	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	2	33	158	0	4	7	1	0	0	0	1	2	2	2
	4	3	0	0	0	156	3	1	5	0	3	0	8	5	2	12
	5	7	1	0	4	4	152	1	5	0	5	1	9	0	1	0
	6	1	3	3	7	2	2	157	2	2	4	1	1	3	3	3
	7	3	1	0	3	5	8	3	146	2	7	5	1	5	7	13
	8	0	4	0	1	1	1	7	1	192	2	0	0	1	1	1
	9	4	0	0	0	3	8	1	7	0	134	1	0	0	9	14
	10	2	3	1	0	0	0	1	0	1	0	155	0	13	0	1
	11	17	0	0	2	14	17	1	6	0	3	2	141	1	12	2
	12	5	0	1	0	1	3	8	0	1	0	44	0	127	1	2
	13	13	2	1	0	7	5	7	5	2	11	1	8	2	138	2
	14	2	0	0	0	12	1	2	9	0	9	0	3	2	7	166

Tablo 36. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	5	1	3	0
	1	0	191	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	20	161	19	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	35	155	0	6	11	1	0	0	1	0	2	0	1
	4	8	0	0	1	156	0	2	2	0	2	0	8	4	4	11
	5	8	0	0	5	3	152	2	2	0	6	1	7	0	4	0
	6	1	3	4	8	2	1	155	2	2	4	1	2	4	3	2
	7	3	0	2	0	4	8	2	147	1	8	7	2	4	11	10
	8	0	4	0	1	0	0	5	3	196	1	0	0	1	1	0
	9	6	0	0	0	2	7	2	10	0	134	0	0	0	8	12
	10	2	3	1	0	1	0	1	0	0	0	156	0	12	0	1
	11	23	0	0	1	13	14	1	4	0	7	4	140	1	9	1
	12	6	0	1	0	1	2	6	0	1	0	46	1	126	1	2
	13	14	2	0	0	7	6	4	5	4	9	1	5	1	144	2
	14	0	0	0	1	9	1	3	9	0	16	0	1	1	4	168

Tablo 37. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	5	1	3	0
	1	0	191	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	20	161	19	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	35	155	0	6	11	1	0	0	1	0	2	0	1
	4	8	0	0	1	156	0	2	2	0	2	0	8	4	4	11
	5	8	0	0	5	3	151	2	2	0	6	1	7	0	4	1
	6	1	3	4	8	2	1	155	2	2	4	1	2	4	3	2
	7	3	0	2	0	4	8	2	147	1	8	7	2	4	11	10
	8	0	4	0	1	0	0	5	3	196	1	0	0	1	1	0
	9	6	0	0	0	2	7	2	10	0	134	0	0	0	8	12
	10	2	3	1	0	1	0	1	0	0	0	156	0	12	0	1
	11	23	0	0	1	13	14	1	4	0	7	4	140	1	9	1
	12	6	0	1	0	1	2	6	0	1	0	46	1	126	1	2
	13	14	2	0	0	7	6	4	5	4	9	1	5	1	144	2
	14	0	0	0	1	9	1	3	9	0	16	0	1	1	4	168

Tablo 38. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	5	1	3	0
	1	0	191	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	20	161	19	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	35	155	0	6	11	1	0	0	1	0	2	0	1
	4	8	0	0	1	156	0	2	2	0	2	0	8	4	4	11
	5	8	0	0	5	3	151	2	2	0	6	1	7	0	4	1
	6	1	3	4	8	2	1	155	2	2	4	1	2	4	3	2
	7	3	0	2	0	4	8	2	147	1	8	7	2	4	11	10
	8	0	4	0	1	0	0	5	3	196	1	0	0	1	1	0
	9	6	0	0	0	2	7	2	10	0	134	0	0	0	8	12
	10	2	3	1	0	1	0	1	0	0	0	156	0	12	0	1
	11	23	0	0	1	13	14	1	4	0	7	4	140	1	9	1
	12	6	0	1	0	1	2	6	0	1	0	46	1	126	1	2
	13	14	2	0	0	7	6	4	4	4	9	1	5	1	145	2
	14	0	0	0	1	9	1	3	9	0	16	0	1	1	4	168

Tablo 39. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Orjinal Kategori	0	186	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	1	4	0
	1	0	193	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	19	162	19	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	35	155	0	6	11	1	0	0	1	0	2	0	1
	4	5	0	0	1	159	2	1	2	0	1	0	8	4	6	9
	5	6	0	0	5	3	153	2	1	0	6	1	8	0	5	0
	6	1	3	4	8	1	2	156	1	2	4	1	2	4	3	2
	7	2	0	3	0	4	10	4	148	2	8	7	3	2	8	8
	8	0	4	0	1	0	0	5	3	196	1	0	0	1	1	0
	9	6	0	0	0	2	7	2	9	0	136	0	0	0	8	11
	10	2	3	1	0	1	0	1	0	0	0	156	0	12	0	1
	11	18	0	0	0	14	16	1	4	0	7	4	142	1	10	1
	12	6	0	1	0	1	2	7	0	1	0	41	1	130	1	2
	13	14	1	0	0	7	7	4	3	4	10	1	4	1	146	2
	14	0	0	0	1	8	1	3	8	0	16	0	1	1	4	170

EK 4: SIGN MNIST SINIFLAMA HATA MATRİSLERİ

Sign MNIST veri seti için tüm sınıflayıcılarda, DD uygulanmadan ve m/N oranı %100, %75, %50, %25 iken TDA-ÖK'nın uygulandığı, uygulanmadığı ve TBA uygulandığı durumlara ilişkin hata matrisleri Tablo 1. - Tablo 39.'da verilmektedir. Söz konusu matrislerde sınıflar arasında karar verme başarımını özellikle etkilediği düşünülecek bir karışma gözlenmemektedir.

Tablo 1. Boyut düşümü uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	402	0	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	2	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	481	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	3	0	0	225	1	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	327	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0
	8	20	5	0	7	17	6	0	0	189	0	0	0	4	0	0	0	0	19	0	0	2	0	0	19
	10	0	0	0	20	0	0	0	0	0	192	0	0	0	0	1	4	28	0	0	44	20	22	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	188	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0
	12	37	0	0	0	42	0	0	0	1	0	0	203	46	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0
	13	17	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	38	176	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	57	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	19	1	0	0	0	0	216	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	11	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	0	3	0	46	0
	20	0	10	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	29	0	0	181	25	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	7	0	0	0	9	2	0	0	0	0	1	5	1	13	101	187	20	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	21	18	141	0	0
	23	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	22	0	20	8	0	23	185	0
	24	0	1	0	0	0	3	3	2	16	1	0	0	0	0	0	0	62	0	0	1	17	0	0	226

Tablo 2. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	402	0	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3	0	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	489	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	5	0	0	226	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	325	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	18	410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	0	0	0
	8	20	11	0	10	14	3	0	0	185	0	0	0	4	0	0	0	1	17	0	3	2	0	0	18
	10	0	3	0	19	0	0	0	0	3	181	0	0	0	0	1	5	26	0	0	39	24	30	0	0
	11	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	183	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	
	12	29	0	0	0	36	0	0	0	2	0	0	217	51	0	0	0	1	57	1	0	0	0	0	0
	13	9	0	0	0	40	0	0	0	1	0	0	46	185	0	0	0	0	6	2	0	2	0	0	0
	14	0	0	14	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	224	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	344	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	57	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	12	0	0	0	4	0	0	23	1	0	0	0	0	206	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	14	0	0	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	172	0	3	0	42	0	
	20	0	4	0	1	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	25	0	0	189	27	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	14	88	197	33	1	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	27	0	0	18	24	133	0	0
	23	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21	0	19	7	0	27	186	0
	24	0	1	0	0	0	1	2	4	16	1	0	0	0	0	0	0	61	0	0	3	17	0	0	226

Tablo 3. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	403	0	9	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2	0	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	2	1	0	225	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	325	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	0	17	410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	2	0	0	0
	8	23	12	0	7	13	12	0	0	182	0	0	0	4	0	0	0	1	19	0	1	2	0	0	12
	10	0	2	0	19	0	0	0	0	4	188	0	0	0	0	1	5	25	0	0	34	23	30	0	0
	11	0	0	0	0	0	7	0	2	0	0	182	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0
	12	21	0	0	0	42	0	0	0	1	0	0	223	49	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0
	13	7	0	0	0	31	0	0	0	0	0	0	41	200	0	0	0	0	8	2	0	2	0	0	0
	14	0	0	15	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	223	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	57	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	14	0	0	0	6	0	0	19	0	0	0	0	0	207	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	13	0	0	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	0	3	0	42	0	0
	20	0	4	0	1	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	28	0	0	180	27	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	4	0	0	14	86	198	30	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	31	0	0	17	25	126	0	0
	23	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	24	0	19	6	0	26	179	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	7	16	0	0	0	0	0	0	0	61	0	0	3	17	0	0	228

Tablo 4. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	402	0	9	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	493	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	1	1	0	224	1	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	324	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	0	19	407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	2	0	0	0
	8	25	5	0	3	13	15	0	0	193	0	0	0	3	0	0	0	0	20	1	3	2	0	0	5
	10	0	2	0	19	0	0	0	0	1	177	0	0	0	0	1	5	30	0	0	44	21	31	0	0
	11	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	181	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0
	12	35	0	0	0	40	0	0	0	1	0	0	221	48	0	0	0	0	46	2	0	0	0	0	1
	13	1	1	0	0	28	0	0	0	0	0	0	43	209	0	0	0	0	3	2	1	3	0	0	0
	14	0	0	17	3	3	1	0	0	0	0	0	0	220	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	340	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	57	0	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	9	0	0	0	9	0	0	20	1	0	0	0	0	207	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	10	0	0	18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	0	8	0	38	0	0
	20	0	7	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	28	0	0	181	25	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	2	0	14	85	188	40	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	37	0	0	18	23	122	0	0
	23	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	0	20	4	0	24	181	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	5	18	0	0	0	0	0	0	0	65	0	0	4	10	0	0	230

Tablo 5. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	330	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	387	0	16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5	12	8	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	488	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	222	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	3	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	324	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	0	23	404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	5	0	0
	8	32	3	0	0	16	7	0	0	196	0	0	0	5	0	0	0	3	15	0	4	7	0	0	0
	10	0	1	0	21	0	0	0	0	1	182	0	0	0	0	1	4	41	0	0	44	21	15	0	0
	11	0	0	0	0	0	3	0	7	0	0	178	0	0	0	0	0	5	0	16	0	0	0	0	0
	12	24	3	0	0	29	0	0	0	4	0	0	230	64	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	1	39	0	0	0	2	0	0	19	198	2	0	0	0	11	16	1	2	0	0	0
	14	0	0	16	0	21	1	0	0	0	2	0	0	0	206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	340	7	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	0	58	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	3	0	0	0	15	0	0	10	0	0	0	0	0	218	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	12	0	0	25	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	0	7	0	27	0
	20	0	12	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0	43	0	0	154	21	2	0	0
	21	0	0	0	0	0	10	0	0	0	5	1	0	0	0	4	0	1	0	6	93	177	49	0	0
	22	0	4	0	1	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	27	0	0	25	19	117	0	0
	23	0	0	0	13	0	0	2	0	8	0	0	0	0	0	0	6	10	0	20	0	0	25	183	0
	24	0	1	0	0	0	1	1	4	17	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	2	26	0	0	230

Tablo 6. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	402	0	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	2	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	481	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	3	0	0	225	1	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	327	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0
	8	20	5	0	7	17	6	0	0	189	0	0	0	4	0	0	0	0	19	0	0	2	0	0	19
	10	0	0	0	20	0	0	0	0	0	192	0	0	0	0	1	4	28	0	0	44	20	22	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	188	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
	12	37	0	0	0	42	0	0	0	1	0	0	203	46	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0
	13	17	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	38	176	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	57	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	19	1	0	0	0	0	216	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	11	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	0	3	0	46	0
	20	0	10	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	29	0	0	181	25	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	7	0	0	0	9	2	0	0	0	0	1	5	1	13	101	187	20	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	21	18	141	0	0
	23	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	22	0	20	8	0	23	185	0
	24	0	1	0	0	0	3	3	2	16	1	0	0	0	0	0	0	62	0	0	1	17	0	0	226

Tablo 7. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	330	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	400	0	8	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2	0	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	1	0	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	477	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	1	0	0	223	1	0	0	0	18	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	328	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	18	397	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	1	6	0	0	0
	8	21	6	0	10	17	7	0	0	189	0	0	0	7	0	0	0	0	20	0	0	2	0	0	9
	10	0	1	0	21	0	0	0	0	0	178	0	0	0	0	1	2	26	0	0	48	20	34	0	0
	11	0	0	0	0	0	1	0	6	0	0	185	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	
	12	36	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	205	45	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0
	13	30	0	0	0	68	0	0	0	0	0	0	30	159	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	6	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	225	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	0	58	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0	13	2	0	0	0	0	224	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	12	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	177	0	2	0	45	0	0
	20	0	11	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	0	0	191	24	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	9	0	1	0	9	1	0	0	0	0	2	3	1	13	96	194	17	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	20	19	141	0	0
	23	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	22	0	21	6	0	24	185	0
	24	0	1	0	0	0	0	4	1	16	1	0	0	0	0	0	0	61	0	0	2	16	1	0	229

Tablo 8. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	402	0	8	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	1	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	473	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	1	1	0	225	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	321	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	0	22	408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	0	0
	8	18	3	0	12	16	0	0	0	202	0	0	1	11	0	0	0	0	17	2	1	0	0	0	5
	10	0	0	0	24	0	0	0	0	0	180	0	0	0	0	1	4	33	0	0	51	20	18	0	0
	11	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	189	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
	12	32	0	0	0	34	0	0	0	4	0	0	216	45	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0
	13	23	0	0	1	45	0	0	0	0	0	0	37	174	0	0	0	0	9	2	0	0	0	0	0
	14	0	0	10	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	343	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	0	57	1	0	0	0
	18	0	0	0	0	9	0	0	0	11	0	0	11	2	0	0	0	0	213	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	13	0	0	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	0	2	0	41	0
	20	0	18	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	29	0	0	171	27	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	14	96	187	31	2	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	17	24	136	0	0
	23	0	0	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	24	0	18	9	0	23	184	0
	24	0	2	0	0	0	1	4	2	9	7	0	1	0	0	0	0	54	0	0	4	21	0	0	227

Tablo 9. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	330	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	405	0	9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	0	0	0
	2	0	0	308	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	4	3	0	0	0	481	0	0	0	1	0	0	1	4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	1	0	0	226	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	324	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	21	410	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0
	8	23	3	0	8	10	15	0	0	183	0	0	0	3	0	0	0	0	17	0	10	2	0	0	14
	10	0	1	0	21	0	0	0	1	1	183	0	0	0	0	4	5	40	0	0	49	20	6	0	0
	11	0	0	2	0	0	3	0	10	0	0	185	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	12	32	1	0	0	39	0	0	0	0	0	0	221	53	0	0	0	0	47	1	0	0	0	0	0
	13	3	1	0	0	60	0	0	0	0	0	0	37	183	0	0	0	0	2	2	2	1	0	0	0
	14	0	0	13	3	21	0	0	0	0	1	0	0	1	207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	332	8	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	0	0	48	0	0	0	0
	18	1	0	0	0	2	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	213	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	12	0	0	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	0	3	0	43	0
	20	0	16	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	45	0	0	169	23	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	8	0	1	0	8	0	0	0	0	5	0	0	0	10	90	201	23	0	0
	22	0	2	0	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	29	0	0	22	25	120	0	0
	23	0	0	0	12	0	1	1	0	10	0	0	0	0	0	0	1	16	0	19	4	0	21	182	0
	24	0	1	0	0	0	1	4	0	17	1	0	1	0	0	0	0	56	0	0	2	21	1	0	227

Tablo 10. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	402	0	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	2	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	481	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	3	0	0	225	1	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	327	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0
	8	20	5	0	7	17	6	0	0	189	0	0	0	4	0	0	0	0	19	0	0	2	0	0	19
	10	0	0	0	20	0	0	0	0	0	192	0	0	0	0	1	4	28	0	0	44	20	22	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	188	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0
	12	37	0	0	0	42	0	0	0	1	0	0	203	46	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0
	13	17	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	38	176	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	57	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	19	1	0	0	0	0	216	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	11	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	0	3	0	46	0
	20	0	10	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	29	0	0	181	25	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	7	0	0	0	9	2	0	0	0	0	1	5	1	13	101	187	20	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	21	18	141	0	0
	23	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	22	0	20	8	0	23	185	0
	24	0	1	0	0	0	3	3	2	16	1	0	0	0	0	0	0	62	0	0	1	17	0	0	226

Tablo 11. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	402	0	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	2	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	481	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	3	0	0	225	1	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	327	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0
	8	20	5	0	7	17	6	0	0	189	0	0	0	4	0	0	0	0	19	0	0	2	0	0	19
	10	0	0	0	20	0	0	0	0	0	192	0	0	0	0	1	4	28	0	0	44	20	22	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	188	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0
	12	37	0	0	0	42	0	0	0	1	0	0	203	46	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0
	13	17	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	38	176	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	57	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	19	1	0	0	0	0	216	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	11	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	0	3	0	46	0
	20	0	10	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	29	0	0	181	25	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	7	0	0	0	9	2	0	0	0	0	1	5	1	13	101	187	20	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	21	18	141	0	0
	23	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	22	0	20	8	0	23	185	0
	24	0	1	0	0	0	3	3	2	16	1	0	0	0	0	0	0	62	0	0	1	17	0	0	226

Tablo 12. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	402	0	8	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	1	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	3	0	0	225	1	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	326	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0
	8	20	5	0	7	17	3	0	0	190	0	0	0	4	0	0	0	0	19	0	0	2	0	0	21
	10	0	0	0	20	0	0	0	0	0	191	0	0	0	0	1	4	24	0	0	47	20	24	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	188	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0
	12	36	0	0	0	41	0	0	0	1	0	0	204	46	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0
	13	15	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	40	179	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	57	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	2	0	0	0	6	0	0	19	0	0	0	0	0	219	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	11	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	177	0	3	0	46	0
	20	0	10	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	28	0	0	182	25	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	7	0	1	0	9	1	0	0	0	0	0	6	1	13	101	185	22	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	21	16	143	0	0
	23	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	22	0	20	8	0	23	185	0
	24	0	1	0	0	0	3	3	2	16	1	0	0	0	0	0	0	62	0	0	1	17	0	0	226

Tablo 13. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	403	0	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	1	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	479	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	4	0	0	226	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	324	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0
	8	20	5	0	6	17	5	0	0	198	0	0	0	2	0	0	0	0	17	0	0	2	0	0	16
	10	0	0	0	21	0	0	0	0	0	196	0	0	0	0	1	4	26	0	0	42	20	21	0	0
	11	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	187	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0
	12	30	0	0	0	47	0	0	0	1	0	0	202	45	0	0	0	0	69	0	0	0	0	0	0
	13	16	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	38	179	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	8	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	225	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	57	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	25	0	0	0	0	0	216	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	11	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	179	0	3	0	45	0
	20	0	11	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	27	0	0	183	24	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	7	0	0	0	9	1	0	0	0	0	2	5	1	14	105	185	17	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	23	11	148	0	0
	23	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	21	0	19	8	0	24	186	0
	24	0	1	0	0	0	3	2	1	16	1	0	0	0	0	0	0	59	0	0	1	19	1	0	228

Tablo 14. Boyut düşümü uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	407	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	486	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0
	5	0	1	2	0	0	225	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	304	4	3	0	0	0	0	0	9	0	0	0	26	0	0	0	2	0
	7	0	0	0	0	0	0	19	409	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	225	0	0	8	5	0	0	1	0	23	2	0	0	0	0	24
	10	0	0	0	1	0	0	0	0	9	232	2	0	0	0	0	0	67	4	0	3	0	13	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	266	32	0	0	7	0	69	0	0	0	0	0	0
	13	28	0	0	6	20	0	0	0	1	0	0	18	168	1	1	7	0	28	12	1	0	0	0	0
	14	0	0	11	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	220	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21	0	0	0	0	0	69	0	0	53	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	18	0	0	0	9	0	0	6	1	0	1	2	0	209	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	208	0	0	0	32	0
	20	0	3	0	11	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	45	1	0	179	6	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	7	0	19	0	17	5	217	78	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	22	0	0	17	11	140	0	0
	23	0	0	0	1	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	7	0	0	28	17	0	0	11	196	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	1	0	47	0	50	2	16	3	0	205

Tablo 15. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	373	0	4	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	2	0	0	309	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	236	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0
	4	0	0	0	0	454	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	19	0	0	225	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	327	2	0	0	1	0	0	0	0	7	0	0	11	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	8	24	0	0	3	0	0	0	0	212	0	1	6	12	0	1	6	1	1	1	0	1	0	0	19
	10	0	0	0	5	0	3	0	0	3	211	13	0	0	0	0	0	33	8	5	17	0	33	0	0
	11	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	191	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
	12	18	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	200	57	0	0	1	0	73	0	0	0	0	0	10
	13	33	0	4	19	34	0	0	0	0	0	0	3	138	12	0	2	0	20	26	0	0	0	0	0
	14	0	0	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	224	0	4	5	0	1	1	0	0	1	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	104	0	1	18	1	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	27	0	0	1	0	0	2	0	0	195	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	3	0	178	0	0	2	34	0
	20	0	11	0	14	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	62	0	0	136	19	3	0	0
	21	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	2	0	0	0	12	0	8	0	15	54	148	99	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	40	0	0	19	23	103	0	0
	23	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	22	1	0	4	20	0	0	28	190	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	18	20	1	0	0	0	0	0	48	0	34	0	23	6	0	182

Tablo 16. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	361	0	7	0	0	0	0	0	56	0	0	0	0	1	0	2	0	0	4	0	0	0	1
	2	0	0	294	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	232	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	6	0
	4	0	0	0	0	454	0	0	0	1	0	0	1	4	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	225	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	2	0	2	294	7	0	0	0	0	3	0	4	3	0	0	32	0	0	0	0	1
	7	0	0	0	0	0	0	23	409	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0
	8	19	0	0	5	4	4	0	0	206	0	1	5	13	0	0	4	0	5	6	0	1	0	2	13
	10	0	0	0	15	0	6	0	0	6	187	14	0	0	0	0	0	47	4	1	12	0	38	0	1
	11	0	0	11	0	0	1	0	0	0	0	186	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
	12	29	0	0	0	14	0	0	0	9	0	0	214	43	0	0	1	0	76	0	0	0	0	0	8
	13	32	1	8	4	25	0	0	0	0	0	1	8	135	18	0	13	0	25	14	0	0	7	0	0
	14	0	0	46	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	178	0	6	5	0	0	3	1	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	345	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	160	0	2	0	0	0	0	0	0
	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	99	1	2	21	0	0	0	0
	18	0	0	0	1	20	0	0	0	12	0	0	36	1	0	0	0	0	176	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	1	0	0	6	0	0	1	16	0	0	1	0	0	2	0	185	0	0	1	34	1
	20	0	17	0	17	0	3	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	64	0	2	114	16	11	0	1
	21	0	0	0	0	0	15	0	0	1	28	2	0	0	0	7	0	27	0	8	35	131	91	0	1
	22	0	0	0	0	0	0	0	3	0	26	0	0	0	0	0	0	35	0	0	19	20	103	0	0
	23	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	9	1	9	10	21	0	0	31	183	0
	24	0	0	0	2	0	0	4	2	10	7	11	0	0	0	0	0	40	3	47	1	24	19	0	162

Tablo 17. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	336	0	21	0	0	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
	2	0	0	304	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	4	0	0	0	0	443	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	221	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	3	0	0	305	17	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	18	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	414	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	8	20	0	0	5	0	0	0	0	203	0	19	4	21	0	0	1	0	11	2	0	0	0	0	2
	10	0	0	0	6	0	0	0	0	15	204	16	0	0	0	0	0	39	1	5	14	0	31	0	0
	11	0	0	3	0	0	8	0	0	0	0	193	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	12	15	0	0	0	32	0	0	0	2	0	0	254	42	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0
	13	29	0	0	13	21	0	0	0	0	0	0	3	156	0	0	10	0	17	42	0	0	0	0	0
	14	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	0	4	4	0	1	0	0	0	30	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	162	0	1	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	108	0	2	13	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	18	0	0	40	0	0	0	2	0	165	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	2	0	191	0	0	0	39	0
	20	0	16	0	11	0	1	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	70	0	1	128	18	2	0	0
	21	0	0	0	0	0	2	0	0	0	6	2	0	0	0	10	0	15	0	13	33	148	116	0	1
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	42	0	0	20	21	95	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	5	21	0	0	51	185	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	20	18	0	0	0	0	0	0	45	0	44	3	19	0	0	183

Tablo 18. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	345	0	20	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	2	0	0	305	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	237	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0
	4	2	0	0	0	432	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	12	0	0	226	1	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	14	0	4	261	0	2	0	4	0	0	0	14	4	0	0	42	0	0	0	3	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	8	18	1	0	1	0	1	0	0	202	0	11	0	22	0	0	0	0	22	1	1	5	0	0	3
	10	0	0	0	12	0	0	0	0	29	209	10	0	0	0	2	9	24	9	11	3	0	7	0	6
	11	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	21	0	0	0	25	0	0	0	5	0	0	224	57	5	0	1	0	56	0	0	0	0	0	0
	13	27	0	0	21	20	0	4	0	0	0	0	5	157	5	0	3	0	16	33	0	0	0	0	0
	14	0	0	28	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	180	0	4	5	0	0	0	0	0	20	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	158	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	107	0	13	5	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	23	0	0	37	0	0	0	1	0	163	0	0	0	1	0	0
	19	0	0	0	3	0	0	0	0	21	0	11	0	0	0	0	0	2	0	169	0	0	0	42	0
	20	0	28	0	2	0	2	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	71	0	3	129	22	2	0	0
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	6	0	22	2	7	36	162	93	0	0
	22	0	0	0	2	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	42	0	0	20	21	83	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	3	3	1	21	0	0	37	186	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18	2	0	0	0	0	0	34	0	57	10	19	0	0	174

Tablo 19. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	353	0	21	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	301	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	489	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	20	0	0	226	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	310	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	31	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
	8	9	0	0	0	1	0	0	0	213	0	4	8	15	0	0	6	0	16	2	0	0	0	0	14
	10	0	0	0	10	0	12	0	0	17	181	4	0	0	0	0	4	47	0	5	12	0	39	0	0
	11	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	206	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	12	4	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	214	67	0	0	3	0	66	0	0	0	0	0	2
	13	22	0	3	3	31	6	0	0	1	0	0	7	162	24	0	4	0	19	9	0	0	0	0	0
	14	0	0	9	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	206	0	7	9	4	4	0	0	0	3	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	158	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	13	0	0	0	0	0	91	0	7	31	0	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	14	0	0	31	0	0	0	4	0	176	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	215	0	0	0	25	0
	20	0	6	0	22	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	52	0	0	135	23	3	0	0
	21	0	0	0	0	0	5	0	0	0	4	12	0	0	0	5	1	34	0	10	44	130	100	1	0
	22	0	0	0	2	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	41	0	0	27	9	102	1	0
	23	0	0	0	2	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	2	3	20	0	0	48	180	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	19	7	0	0	0	0	0	0	53	0	44	0	21	1	0	187

Tablo 20. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	360	0	6	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	2	0	0	308	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	9	0
	4	0	0	0	0	480	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	19	0	0	226	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	1	284	17	0	0	0	1	0	0	3	2	0	0	39	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	21	412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	8	9	0	0	0	0	2	0	1	237	0	0	1	1	0	0	4	0	10	17	0	0	0	0	6
	10	0	0	0	20	0	2	0	0	6	218	8	0	0	0	0	0	55	2	6	1	0	13	0	0
	11	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	37	0	0	0	39	0	0	0	3	0	0	198	49	0	0	1	0	55	0	0	0	0	0	12
	13	21	0	0	3	28	21	0	0	3	0	0	9	140	12	0	18	0	27	9	0	0	0	0	0
	14	0	0	32	0	0	1	2	0	0	0	0	0	2	187	0	4	15	0	2	0	1	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	344	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	146	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0	23	24	3	1	0	0
	18	0	0	0	0	14	0	0	0	2	0	0	5	1	0	0	4	0	217	0	0	0	3	0	0
	19	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	4	0	219	0	0	0	11	0
	20	0	5	0	7	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	50	0	1	152	22	9	0	1
	21	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	6	0	0	0	3	0	22	0	15	61	175	60	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	42	0	0	17	25	99	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	12	25	21	0	0	21	183	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	6	19	0	0	1	0	0	0	63	0	15	0	19	0	1	208

Tablo 21. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	347	0	21	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	309	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	490	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	20	1	0	224	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	287	21	0	0	0	0	0	0	12	2	0	0	26	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
	8	2	0	0	0	0	0	0	0	217	0	8	20	8	0	0	0	0	20	12	0	0	0	0	1
	10	0	0	0	27	0	0	0	0	12	222	1	0	0	0	0	1	20	2	20	5	0	21	0	0
	11	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	14	3	0	3	14	0	0	0	6	0	0	214	56	0	0	0	0	82	0	0	0	0	0	2
	13	26	0	4	9	23	0	0	0	3	0	0	22	152	19	0	2	0	13	18	0	0	0	0	0
	14	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	203	0	4	0	2	1	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	163	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	71	0	1	50	2	0	0	0
	18	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	2	0	209	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	215	0	0	0	28	0
	20	0	6	0	28	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	76	0	4	121	21	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20	0	0	0	5	0	37	0	0	64	171	48	0	0
	22	0	0	0	12	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	31	0	0	21	12	108	0	0
	23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	1	0	2	21	0	0	36	183	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	32	18	0	0	0	0	0	0	41	1	37	12	19	3	0	169

Tablo 22. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	325	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	351	0	21	0	0	0	0	1	57	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	2	0	0	282	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	242	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	475	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	15	0	0	292	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	38	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	19	411	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0
	8	18	0	0	1	0	0	0	0	202	0	0	1	33	0	0	4	0	3	16	8	0	1	0	1
	10	0	0	0	6	0	1	0	0	17	199	20	0	0	0	1	3	44	0	0	20	0	14	6	0
	11	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	171	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	12	27	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	240	27	0	0	2	0	79	0	0	0	0	0	0
	13	34	0	0	6	23	0	0	0	0	0	2	22	145	8	0	3	0	16	32	0	0	0	0	0
	14	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178	0	0	1	0	17	5	0	0	6	0
	15	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	345	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	110	5	21	3	0	1	0	0
	18	0	0	0	0	17	0	0	0	25	0	0	2	0	0	0	0	7	195	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	3	0	0	204	0	0	17	5	0
	20	0	18	0	7	0	3	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	38	5	0	139	21	10	0	6
	21	0	0	0	0	0	3	0	0	0	13	24	0	0	0	7	0	33	1	13	39	115	98	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	4	0	40	0	0	17	20	100	0	0
	23	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4	7	0	0	0	18	0	1	10	21	0	0	28	175	0
	24	0	0	0	3	0	0	2	0	20	16	21	0	0	0	0	0	40	2	19	6	2	1	0	200

Tablo 23. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	2	305	0	19	1	4	0	0	0	21	0	0	0	0	2	0	28	1	0	18	17	4	2	8
	2	0	0	265	1	0	2	0	0	0	0	11	0	0	18	0	2	0	0	0	5	2	0	4	0
	3	0	36	0	145	0	1	5	0	4	1	1	0	0	0	0	1	25	0	0	6	4	0	12	4
	4	44	3	0	1	309	0	0	0	3	3	0	76	17	9	0	0	1	30	0	0	1	0	0	1
	5	0	11	1	0	0	207	0	1	1	0	15	0	0	2	1	1	1	0	1	3	0	1	1	0
	6	1	1	0	2	0	12	245	16	0	1	0	0	4	14	2	16	13	0	10	0	0	4	7	0
	7	2	9	12	7	1	12	28	306	2	0	1	1	3	7	7	6	5	16	9	1	1	0	0	0
	8	3	6	2	24	7	19	4	0	94	10	14	4	23	0	9	2	2	3	0	1	12	20	11	18
	10	9	26	5	9	1	15	6	3	14	125	6	0	3	2	1	3	18	11	3	11	5	50	3	2
	11	1	4	29	0	0	0	10	0	11	0	129	8	0	3	0	0	0	0	6	0	0	0	4	4
	12	13	2	12	0	49	1	2	4	23	1	0	166	44	1	4	13	9	40	0	5	1	0	4	0
	13	31	6	21	5	39	0	2	22	23	7	0	34	53	8	2	3	1	8	5	3	10	0	3	5
	14	1	0	33	5	1	4	4	0	8	1	13	2	14	105	3	16	8	4	6	0	4	0	2	12
	15	3	2	6	4	2	7	9	17	5	8	15	8	1	0	209	6	5	2	16	3	1	11	6	1
	16	19	0	0	4	6	0	0	4	1	0	0	0	5	0	0	124	0	0	0	0	0	1	0	0
	17	0	1	0	0	2	0	0	0	0	15	14	1	1	0	0	1	65	6	1	26	1	10	0	0
	18	4	1	0	21	20	2	0	0	33	2	0	24	12	0	0	1	0	99	17	3	7	0	0	0
	19	0	5	8	2	0	2	25	10	0	8	5	0	0	4	1	4	1	2	129	3	6	3	28	2
	20	1	27	0	13	0	5	0	0	11	29	0	0	0	0	0	2	22	3	1	111	21	11	0	9
	21	1	8	0	8	5	8	6	0	3	6	9	1	2	0	7	7	37	0	2	33	154	35	14	0
	22	0	15	1	6	0	11	0	0	6	19	6	0	3	8	13	0	23	7	1	9	23	52	2	1
	23	1	0	8	17	0	14	2	0	0	29	8	7	0	8	4	13	8	1	6	4	1	13	121	2
	24	4	3	2	0	15	6	5	1	40	13	0	2	2	1	6	7	54	6	0	2	38	2	14	109

Tablo 24. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	320	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	341	4	4	0	19	0	0	0	30	0	4	0	3	0	13	9	0	0	3	0	2	0	0
	2	0	0	265	0	0	7	7	0	0	0	12	0	0	10	0	0	1	0	0	0	0	0	2	6
	3	0	8	0	187	0	14	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	4	0	5	2	1	0	12	1
	4	28	7	0	3	333	1	1	0	2	2	2	32	18	0	0	2	0	67	0	0	0	0	0	0
	5	4	11	0	1	0	207	0	2	0	1	4	1	1	5	0	0	2	0	0	2	0	0	2	4
	6	0	2	11	0	4	8	229	11	0	2	0	0	9	16	1	9	2	1	31	0	3	0	9	0
	7	0	0	0	4	0	0	31	353	4	0	3	1	4	0	0	3	0	10	21	0	0	1	0	1
	8	18	9	5	23	9	1	13	22	104	6	6	7	0	0	2	2	6	16	5	5	13	0	0	16
	10	4	2	0	4	13	10	3	11	15	118	2	2	3	3	3	4	47	2	8	12	22	35	5	3
	11	0	0	0	1	0	9	8	0	1	0	186	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
	12	23	13	0	16	91	2	1	16	28	0	0	136	26	0	0	4	0	38	0	0	0	0	0	0
	13	1	8	4	26	0	8	2	9	1	0	43	65	17	1	2	7	20	9	7	1	5	4	6	
	14	6	0	20	4	3	22	6	0	6	1	10	7	2	129	1	6	0	0	8	7	1	0	3	4
	15	0	1	12	0	2	0	4	7	0	0	1	1	0	2	284	2	0	0	2	0	5	6	1	17
	16	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	10	0	7	0	2	133	2	1	5	1	0	1	0	0
	17	2	1	0	1	0	1	0	0	0	5	20	8	2	0	0	0	44	5	0	54	0	1	0	0
	18	10	15	0	0	15	6	0	2	11	0	1	36	7	8	10	4	0	117	1	0	3	0	0	0
	19	0	0	0	5	0	18	14	3	3	3	31	0	0	0	0	0	4	1	132	6	2	0	26	0
	20	1	15	5	29	0	0	2	3	0	36	3	0	4	0	0	8	39	2	1	97	10	3	1	7
	21	0	0	1	12	2	12	2	2	17	38	2	0	0	5	11	0	20	1	5	48	94	62	12	0
	22	0	2	1	4	0	1	0	0	2	43	3	0	0	0	5	2	41	0	0	39	5	58	0	0
	23	1	4	23	10	1	1	7	0	7	4	6	9	3	10	1	8	8	23	21	1	5	5	108	1
	24	0	0	0	11	0	4	13	4	32	12	8	3	1	0	2	3	27	16	22	19	9	14	3	129

Tablo 25. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	327	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	1	1	336	0	16	0	0	9	2	4	31	2	1	3	0	1	10	8	0	0	5	0	3	0	0
	2	1	0	293	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	11	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	3	5	10	5	169	3	5	3	1	0	0	1	0	4	0	0	0	11	0	0	2	0	10	16	0
	4	31	18	4	2	315	3	0	1	9	10	1	38	23	0	0	0	0	16	0	20	0	0	7	0
	5	6	3	1	4	0	206	0	1	0	0	17	4	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	6	2	9	3	13	0	16	179	46	0	7	0	15	0	16	0	13	1	2	21	0	0	5	0	0
	7	8	1	7	28	14	21	45	279	0	2	0	2	0	0	0	1	5	16	0	0	7	0	0	0
	8	10	23	7	17	9	1	0	30	90	6	18	5	1	2	3	1	4	20	20	3	1	6	0	11
	10	0	2	7	5	0	25	21	3	22	100	1	2	2	1	11	2	54	3	6	38	9	15	0	2
	11	0	2	3	8	0	43	0	3	0	0	135	4	0	1	0	0	2	5	1	1	0	0	1	0
	12	45	2	2	3	29	3	4	8	13	2	5	163	20	10	1	2	6	59	0	1	0	14	2	0
	13	43	0	19	4	56	0	8	11	6	1	3	27	34	29	0	11	3	27	1	2	0	6	0	0
	14	20	10	30	2	10	4	25	7	3	0	2	17	16	66	1	0	0	9	9	0	0	5	9	1
	15	7	7	1	21	1	4	13	30	8	8	15	1	2	9	168	8	10	2	0	0	2	25	5	0
	16	0	1	0	0	4	0	0	9	7	0	3	0	12	5	1	117	0	0	3	1	1	0	0	0
	17	12	0	0	2	0	4	0	1	1	12	16	1	0	0	0	0	68	1	0	22	0	2	0	2
	18	11	1	1	12	26	6	0	0	32	17	1	18	10	4	0	3	7	91	0	0	4	0	1	1
	19	4	2	3	2	6	5	0	31	11	5	3	0	2	0	0	3	11	0	91	0	9	7	38	15
	20	2	14	8	19	3	4	0	0	3	45	16	0	0	0	0	1	50	0	4	82	9	2	1	3
	21	16	2	7	20	0	4	3	1	2	37	11	8	0	0	0	6	41	10	6	26	100	44	0	2
	22	2	11	5	1	5	4	8	0	5	39	1	5	4	0	3	0	20	2	3	29	17	41	0	1
	23	6	31	22	4	2	2	3	2	13	14	12	3	0	0	4	4	4	4	12	14	8	19	84	0
	24	1	4	0	10	2	25	13	8	15	5	5	19	0	11	2	12	5	28	16	2	15	5	0	129

Tablo 26. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında RO sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	326	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	342	2	19	4	0	0	3	2	14	4	0	0	0	0	0	18	1	2	2	3	3	12	1
	2	0	0	288	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	3	0	5	0	203	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	7	0	3	9	0	5	9	0
	4	46	8	0	0	371	3	3	0	0	0	0	27	9	2	0	0	1	25	0	0	2	0	1	0
	5	0	0	3	0	0	226	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	1	2	17	1	274	13	0	3	0	9	0	2	0	5	0	1	19	0	1	0	0	0
	7	2	16	0	0	13	2	44	337	0	0	0	0	5	0	0	1	0	0	5	4	1	3	0	3
	8	4	10	3	4	2	0	9	0	152	0	3	9	13	0	0	8	1	20	14	12	7	10	2	5
	10	10	0	5	5	3	21	22	0	23	116	1	1	4	1	2	1	29	12	4	21	2	25	2	21
	11	0	0	3	14	3	0	0	0	0	1	163	0	0	3	0	0	0	0	6	0	2	11	1	2
	12	46	9	0	0	73	0	3	2	41	0	18	136	22	1	0	2	0	36	4	1	0	0	0	0
	13	49	9	11	0	47	13	8	10	2	4	8	12	88	4	0	10	1	14	0	0	0	0	1	0
	14	15	13	14	14	1	34	3	10	0	4	3	0	1	119	0	0	0	5	8	1	0	0	1	0
	15	0	3	1	5	0	0	0	3	24	13	1	0	0	2	269	9	0	8	0	0	0	8	0	1
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3	134	0	18	6	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	1	2	9	0	0	3	6	3	3	13	0	1	2	47	16	3	24	2	8	1	0
	18	2	2	1	3	7	0	0	0	26	0	0	31	27	2	0	0	1	144	0	0	0	0	0	0
	19	12	2	6	5	0	4	1	5	6	0	28	0	10	1	2	0	7	0	130	2	1	0	24	2
	20	0	44	0	31	0	0	2	0	5	28	2	0	0	0	1	1	37	4	0	107	2	1	0	1
	21	2	0	0	1	3	10	7	1	1	32	17	0	0	0	2	1	33	15	1	26	132	59	2	1
	22	0	7	0	0	1	0	7	0	3	19	11	1	0	0	7	1	15	11	0	28	12	83	0	0
	23	0	0	2	9	0	6	0	0	5	21	7	0	0	8	18	6	10	0	21	2	4	17	127	4
	24	4	0	9	13	20	14	5	5	21	1	19	7	4	0	1	0	9	9	6	2	12	9	20	142

Tablo 27. Boyut düşümü uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	428	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	308	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	497	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	205	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	324	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	34
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	21	179	0	0	0	0	0	0	36	0	0	44	0	33	0	18
	11	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	17	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	290	21	0	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0
	13	21	0	9	13	0	11	0	0	0	0	0	42	193	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	14	0	0	18	0	0	21	4	0	0	0	0	0	0	203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	163	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	53	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	23	0	0	12	0	0	0	0	0	190	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	2	0	14	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	171	0	0	0	57	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	27	0	0	178	5	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	40	0	0	36	205	44	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	20	0	157	0	0
	23	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0	29	212	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	41	2	0	0	19	0	0	252

Tablo 28. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	408	0	5	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	205	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	292	19	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	29	385	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21	0	0	0	0
	8	4	0	0	0	0	0	0	0	242	21	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	19
	10	0	12	0	0	0	9	0	0	23	139	0	0	0	0	0	0	62	0	0	42	0	26	0	18
	11	0	0	20	0	0	1	0	0	0	0	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
	12	21	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	255	21	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0
	13	21	0	3	2	0	18	0	0	19	0	0	37	190	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	26	0	0	0	14	0	0	16	0	0	0	181	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	162	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	0	0	20	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	38	0	0	20	20	0	0	0	0	147	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	4	0	0	3	0	3	0	32	0	0	0	0	0	3	0	151	0	0	0	52	0
	20	0	0	0	3	0	0	0	0	0	63	1	0	0	0	0	0	37	0	0	162	0	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	33	0	0	39	197	34	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	19	26	140	0	0
	23	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10	0	18	0	0	38	198	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	1	0	0	0	0	0	41	6	5	0	19	0	0	246

Tablo 29. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	412	0	2	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	233	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	205	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	292	19	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	25	391	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
	8	13	0	0	0	0	0	0	0	233	21	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	1
	10	0	17	0	0	0	6	0	0	21	140	0	0	0	0	0	0	63	0	0	42	0	22	0	20
	11	0	0	22	0	0	1	0	0	0	0	179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
	12	21	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	265	21	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0
	13	26	0	3	15	15	7	0	0	5	0	0	26	183	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
	14	0	0	25	0	0	0	10	0	0	16	0	0	0	182	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	0	1	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	0	0	20	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	33	0	0	21	20	0	0	0	0	151	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	149	0	0	0	58	0
	20	0	0	0	4	0	0	0	0	0	65	3	0	0	0	0	0	37	0	0	157	0	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	31	0	0	49	188	28	0	2
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	34	132	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	1	11	0	15	0	0	44	192	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	38	14	6	0	19	3	0	246

Tablo 30. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	404	0	2	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	487	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	224	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	303	20	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	24	391	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0
	8	10	0	0	0	0	0	0	0	232	21	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	17
	10	0	1	0	0	0	2	0	0	20	143	0	0	0	0	0	0	63	1	0	42	0	39	0	20
	11	0	0	19	0	0	2	0	0	0	0	185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
	12	21	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	261	21	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0
	13	21	0	0	2	10	0	0	0	10	0	0	44	183	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0
	14	0	0	24	0	0	0	21	0	0	19	0	0	0	181	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	0	19	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	0	0	21	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	30	0	0	24	17	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	13	0	9	4	2	15	0	11	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	2	42	0
	20	0	0	0	10	0	0	0	0	0	62	0	0	0	0	0	0	30	0	0	164	0	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	24	0	0	54	190	54	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	41	124	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	11	0	11	0	0	50	185	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	41	20	0	0	19	0	0	248

Tablo 31. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	391	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0
	2	0	0	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	494	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	13	0	0	226	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	318	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	49	387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	14	0	0	0	0	0	0	0	225	15	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21
	10	0	20	0	0	0	17	0	0	21	138	0	0	0	0	0	0	61	0	0	42	0	12	0	20
	11	0	0	6	0	0	14	0	0	0	0	175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	
	12	20	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	254	44	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0
	13	31	0	0	8	13	0	1	0	19	0	0	29	169	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	19	0	0	3	4	0	0	15	0	0	0	179	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	143	0	14	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0	0	28	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	42	0	0	36	5	0	0	0	0	142	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	31	2	19	0	16	0	0	0	0	0	0	0	149	0	0	4	27	0
	20	0	7	0	0	0	0	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0	28	0	0	169	0	1	0	0
	21	0	0	0	3	0	17	0	0	0	20	0	0	0	0	16	0	32	0	0	34	197	26	0	1
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	20	16	144	0	0
	23	0	0	0	0	0	21	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	47	172	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	9	0	0	0	0	0	41	5	2	2	17	0	0	216

Tablo 32. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	413	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
	2	0	0	304	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	205	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	301	19	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	395	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20	0	0	0	0
	8	2	0	0	0	0	0	0	0	234	20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	31
	10	0	1	0	1	0	24	0	0	21	130	0	0	0	0	0	0	55	0	0	42	0	37	0	20
	11	0	0	16	0	0	5	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0
	12	19	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	287	21	0	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0
	13	21	0	3	0	0	18	0	0	12	0	0	11	189	19	0	16	0	2	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	42	0	0	0	18	0	0	14	0	0	0	168	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0	0	28	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	36	0	0	39	2	0	0	0	0	148	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	3	0	0	0	0	0	2	0	179	0	0	0	57	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0	39	0	0	169	0	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	22	0	0	35	243	20	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	26	140	0	0
	23	0	0	0	3	0	2	3	0	0	0	8	0	0	0	0	0	26	0	18	0	0	22	185	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	41	20	0	0	19	0	0	233

Tablo 33. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	411	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0
	2	0	0	308	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	205	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	321	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	379	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	20	0	0	0	0
	8	2	0	0	0	0	0	0	0	223	8	0	0	0	0	0	4	18	0	0	0	0	0	0	33
	10	0	0	0	8	0	25	0	0	24	128	0	0	0	0	0	0	53	0	0	42	0	34	0	17
	11	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0
	12	6	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	276	21	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0
	13	23	0	11	7	0	10	0	0	7	0	0	11	185	21	0	14	0	2	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	25	0	2	3	2	0	0	8	0	0	0	185	0	5	0	0	16	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	0	0	61	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	41	0	0	40	1	0	0	0	0	143	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	1	4	17	0	20	0	0	0	0	0	0	0	147	0	0	1	58	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	29	0	0	193	0	0	0	0
	21	0	0	0	2	0	20	0	0	0	19	0	0	0	0	4	0	20	0	0	20	244	17	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	5	161	0	0
	23	0	0	0	2	0	5	14	0	0	0	2	0	0	0	0	0	21	0	10	0	0	24	189	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	41	20	0	0	19	0	0	236

Tablo 34. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	289	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	236	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	205	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	318	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	10	0	20	387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	0	0	0	0
	8	6	0	0	0	0	0	0	0	240	21	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	2
	10	0	6	0	10	0	24	0	0	31	150	0	0	0	0	0	0	18	0	0	50	0	32	0	10
	11	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
	12	21	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	273	21	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0
	13	35	0	11	0	0	2	0	0	12	0	0	21	173	7	0	21	0	0	9	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	21	19	0	0	11	0	0	0	185	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	163	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0	0	39	21	0	0	0
	18	15	0	0	0	25	0	0	0	21	0	0	11	1	0	0	0	0	173	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	3	0	21	0	15	0	0	0	0	0	0	162	0	0	0	47	0	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	15	0	0	0	0	0	45	0	0	145	0	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	37	0	0	39	207	18	1	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	37	145	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	19	0	3	0	1	0	0	30	211	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	7	0	0	0	0	0	14	19	0	0	19	14	0	242

Tablo 35. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Original Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	391	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0
	2	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	236	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	205	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	1	0	0	326	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	52	383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	8	20	19	0	0	0	0	0	0	198	21	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
	10	0	1	0	0	0	22	0	0	21	169	0	0	0	0	0	0	81	0	0	14	0	3	0	20
	11	0	0	17	0	0	0	0	0	0	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	24	0	0	0	19	0	0	0	7	0	0	275	43	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0
	13	42	0	0	21	27	4	0	0	13	0	0	16	134	4	0	0	0	16	14	0	0	0	0	0
	14	0	0	32	0	0	0	25	0	0	17	0	0	0	169	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	156	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	54	33	0	0	0
	18	2	0	0	0	23	0	0	0	47	0	0	0	2	0	0	0	0	172	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	0	0	0	12	0	19	0	20	0	0	0	0	0	0	0	143	0	0	2	52	0
	20	0	1	0	3	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	29	0	0	180	0	0	0	8
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	10	0	0	0	0	40	0	30	0	0	51	181	14	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	41	124	0	0
	23	0	0	0	4	0	18	13	0	0	0	0	0	0	0	23	0	2	0	21	0	0	33	153	0
	24	0	0	0	0	0	0	16	0	20	0	0	0	0	0	0	0	23	21	0	0	19	18	0	215

Tablo 36. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	429	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	308	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	497	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	206	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	319	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	254	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	29
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	21	178	0	0	0	0	0	0	38	0	0	40	0	34	0	20
	11	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	14	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	290	21	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0
	13	21	0	9	11	0	11	0	0	0	0	0	43	194	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	14	0	0	18	0	0	20	4	0	0	0	0	0	0	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	163	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	53	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	20	0	0	9	0	0	0	0	0	196	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	4	0	14	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	171	0	0	0	54	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	27	0	0	176	7	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	36	204	45	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	20	0	161	0	0
	23	0	0	0	0	0	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0	28	210	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	41	2	0	0	19	0	0	252

Tablo 37. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	429	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	308	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	497	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	206	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	319	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	254	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	29
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	21	177	0	0	0	0	0	0	38	0	0	41	0	34	0	20
	11	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	14	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	290	21	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0
	13	21	0	9	11	0	11	0	0	0	0	0	43	194	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	14	0	0	18	0	0	20	4	0	0	0	0	0	0	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	52	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	20	0	0	9	0	0	0	0	0	196	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	4	0	14	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	171	0	0	0	54	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	27	0	0	176	7	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	36	204	45	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	20	0	160	0	0
	23	0	0	0	0	0	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0	28	210	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	41	2	0	0	19	0	0	252

Tablo 38. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	429	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	308	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	497	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	206	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	319	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	33
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	21	174	0	0	0	0	0	0	38	0	0	46	0	33	0	19
	11	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	11	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	290	21	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0
	13	21	0	9	11	0	12	0	0	0	0	0	43	194	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	18	0	0	20	4	0	0	0	0	0	0	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	52	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	24	0	0	9	0	0	0	0	0	192	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	6	0	14	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	171	0	0	0	50	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	27	0	0	178	5	1	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	40	0	0	36	204	45	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	20	0	159	0	0
	23	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12	0	0	27	211	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	41	2	0	0	19	0	0	252

Tablo 39. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Orjinal Kategori	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	431	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	308	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	4	0	0	0	0	498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	21	0	0	205	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	321	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	20	411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	33
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	21	178	0	0	0	0	0	0	27	0	0	52	0	34	0	19
	11	0	0	8	0	0	3	0	0	0	0	198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	14	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	287	21	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0
	13	21	0	8	7	0	11	0	0	0	0	0	49	193	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	20	0	0	19	2	0	0	0	0	0	0	205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0	0	39	21	0	0	0
	18	0	0	0	0	21	0	0	0	23	0	0	4	0	0	0	0	0	198	0	0	0	0	0	0
	19	0	0	0	8	0	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	172	0	0	1	49	0
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	25	0	0	175	12	2	0	0
	21	0	0	0	0	0	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	39	0	0	37	204	45	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20	0	166	0	0
	23	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	26	219	0
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	41	1	0	0	19	0	0	252

EK 5: WARD SINIFLAMA HATA MATRİSLERİ

Ward veri seti için tüm sınıflayıcılarda, DD uygulanmadan ve m/N oranı %100, %75, %50, %25 iken TDA-ÖK'nın uygulandığı, uygulanmadığı ve TBA uygulandığı durumlara ilişkin hata matrisleri Tablo 1. - Tablo 78.'de verilmektedir. Söz konusu matrislerde oturma ve ayağa kalkma hareketlerinin yanlış sınıflama neticesinde birbirlerine atanmalarının diğer hareketlerle karıştırılmalarına göre daha fazla olması dışında sınıflar arasında karar verme başarımını özellikle etkilediği düşünülecek bir karışma gözlenmemektedir.

Tablo 1. Boyut düşümü uygulanmadığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41905	5496	3	0	0	0	0
	1	10604	34075	999	0	0	0	0
	2	0	1286	44754	0	0	0	0
	3	2598	356	21	27164	450	275	76
	4	2608	1245	68	308	36498	11	3080
	5	2531	495	250	244	14	36279	1
	6	2790	847	0	0	277	0	36986
	7	2581	326	0	0	1	117	14
	8	565	1721	36	4908	310	316	17
	9	1841	774	162	842	190	67	10
	10	18	7	14	270	4	16	0
	11	359	445	83	156	26	40	1
	12	2697	7556	1043	3176	116	100	59

Tablo 2. Boyut düşümü uygulanmadığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	2
	1	0	0	0	0	0	633
	2	0	0	0	0	0	0
	3	85	590	23	0	6	1912
	4	1	55	39	1	0	213
	5	3487	18	1	11	0	368
	6	0	0	0	0	0	0
	7	39879	0	0	0	0	11
	8	3	29142	178	847	22	1500
	9	3	839	28978	297	6	1162
	10	0	194	328	27208	67	130
	11	0	1557	1865	178	32662	108
	12	5	58	31	38	0	22135

Tablo 3. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41826	5580	0	0	0	0	0
	1	10365	34330	995	0	0	0	0
	2	5	1074	44961	0	0	0	0
	3	2344	442	23	27048	533	328	86
	4	2659	1083	67	380	36505	12	3068
	5	2543	408	278	316	13	36225	3
	6	2606	852	0	3	304	1	37133
	7	2521	228	0	0	0	122	15
	8	622	1685	45	4935	348	249	38
	9	1724	842	155	913	215	80	18
	10	23	4	26	223	8	30	0
	11	363	508	93	157	32	45	1
	12	2665	7094	975	3135	150	122	64

Tablo 4. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	621
	2	0	0	0	0	0	0
	3	91	641	24	0	10	1986
	4	2	51	41	0	0	259
	5	3432	18	0	33	1	429
	6	0	0	0	0	1	0
	7	40039	0	0	0	0	4
	8	13	28970	183	886	41	1550
	9	9	1031	28683	259	11	1231
	10	0	233	266	27223	97	123
	11	4	1534	1919	198	32515	111
	12	4	104	32	39	1	22629

Tablo 5. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41645	5761	0	0	0	0	0
	1	10598	34078	997	0	0	0	0
	2	0	1282	44758	0	0	0	0
	3	2300	423	19	27101	510	312	77
	4	2517	1093	61	404	36779	9	2941
	5	2453	399	292	323	13	36397	2
	6	2567	887	0	2	343	0	37099
	7	2490	176	0	0	0	128	20
	8	505	1555	38	4788	358	305	51
	9	1655	743	165	948	258	68	16
	10	18	7	22	208	8	28	0
	11	345	424	85	144	30	57	7
	12	2641	7157	1007	3155	132	124	79

Tablo 6. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	638
	2	0	0	0	0	0	0
	3	90	616	38	0	16	2054
	4	2	62	39	0	2	218
	5	3300	15	0	38	0	467
	6	0	0	0	0	1	1
	7	40112	0	0	0	0	3
	8	21	29197	180	877	39	1651
	9	11	1020	28747	256	9	1275
	10	0	222	245	27279	87	132
	11	3	1471	1942	204	32681	87
	12	8	122	37	36	0	22516

Tablo 7. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisleri.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41171	6233	0	0	0	0	0
	1	10416	34228	992	0	0	0	0
	2	0	1268	44772	0	0	0	0
	3	2166	460	25	27130	494	354	77
	4	2398	1215	66	404	36760	13	2892
	5	2400	425	326	367	19	36575	3
	6	2560	897	0	3	350	0	37084
	7	2376	193	0	0	1	170	21
	8	514	1392	47	4912	389	310	46
	9	1685	723	201	978	299	125	25
	10	14	13	17	208	9	25	0
	11	323	434	87	158	33	63	11
	12	2644	6710	900	3090	156	123	54

Tablo 8. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama hata matrisleri.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	2
	1	0	0	0	0	0	675
	2	0	0	0	0	0	0
	3	97	609	35	0	14	2095
	4	1	64	45	0	1	268
	5	3051	15	0	44	0	474
	6	0	0	0	0	0	6
	7	40160	0	0	0	0	8
	8	18	29016	188	876	47	1810
	9	7	1026	28443	280	14	1365
	10	0	245	251	27259	90	125
	11	4	1587	1920	205	32558	97
	12	5	103	32	33	0	23164

Tablo 9. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41670	5733	0	0	0	0	0
	1	8958	35165	989	0	0	0	0
	2	1	1270	44769	0	0	0	0
	3	2170	413	45	26740	570	558	80
	4	2558	1139	65	603	36097	6	3235
	5	2525	446	332	522	19	35961	7
	6	2814	759	0	7	566	0	36736
	7	2730	213	0	0	0	226	13
	8	676	1482	86	4606	358	392	28
	9	1718	653	281	1259	448	173	47
	10	10	6	11	224	20	33	5
	11	368	411	80	213	65	97	21
	12	2399	6218	765	3036	161	206	52

Tablo 10. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	3
	1	0	0	0	0	0	1199
	2	0	0	0	0	0	0
	3	134	603	41	0	17	2185
	4	18	81	41	0	4	280
	5	3291	16	1	31	0	548
	6	0	3	0	0	1	14
	7	39737	0	0	0	0	10
	8	40	28736	200	894	76	1991
	9	13	1396	27269	250	30	1634
	10	1	261	232	27256	88	109
	11	25	1602	2117	271	32068	142
	12	10	122	43	41	0	23961

Tablo 11. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41905	5496	3	0	0	0	0
	1	10604	34075	999	0	0	0	0
	2	0	1286	44754	0	0	0	0
	3	2598	356	21	27164	450	275	76
	4	2608	1245	68	308	36498	11	3080
	5	2531	495	250	244	14	36279	1
	6	2790	847	0	0	277	0	36986
	7	2581	326	0	0	1	117	14
	8	565	1721	36	4908	310	316	17
	9	1841	774	162	842	190	67	10
	10	18	7	14	270	4	16	0
	11	359	445	83	156	26	40	1
	12	2697	7556	1043	3176	116	100	59

Tablo 12. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	2
	1	0	0	0	0	0	633
	2	0	0	0	0	0	0
	3	85	590	23	0	6	1912
	4	1	55	39	1	0	213
	5	3487	18	1	11	0	368
	6	0	0	0	0	0	0
	7	39879	0	0	0	0	11
	8	3	29142	178	847	22	1500
	9	3	839	28978	297	6	1162
	10	0	194	328	27208	67	130
	11	0	1557	1865	178	32662	108
	12	5	58	31	38	0	22135

Tablo 13. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41399	5876	131	0	0	0	0
	1	10367	34280	1011	0	0	0	0
	2	4	1269	44767	0	0	0	0
	3	2288	439	45	27047	494	354	83
	4	2487	1138	61	414	36634	8	3030
	5	2459	427	305	291	24	36205	5
	6	2431	860	0	2	302	0	37300
	7	2468	192	0	0	1	108	19
	8	530	1560	45	4797	429	343	63
	9	1716	663	170	942	236	110	14
	10	27	8	16	239	7	19	1
	11	364	465	97	192	49	53	5
	12	2586	7257	1068	3074	140	123	99

Tablo 14. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	653
	2	0	0	0	0	0	0
	3	93	635	35	0	15	2028
	4	4	75	43	2	1	230
	5	3478	17	2	36	1	449
	6	0	0	0	0	1	4
	7	40138	0	0	0	0	3
	8	19	28970	223	898	45	1643
	9	6	1143	28501	280	18	1372
	10	2	223	282	27229	92	111
	11	6	1566	1917	220	32437	109
	12	17	95	43	30	0	22482

Tablo 15. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41660	5744	0	0	0	0	0
	1	9572	35119	989	0	0	0	0
	2	2	1087	44951	0	0	0	0
	3	2254	389	35	26962	494	397	79
	4	2415	1125	76	441	36683	11	2975
	5	2350	422	336	361	13	36379	1
	6	2593	780	0	0	385	0	37137
	7	2322	151	0	2	0	194	8
	8	482	1385	57	4871	500	302	74
	9	1720	675	210	1129	248	121	42
	10	15	7	16	229	6	26	0
	11	368	571	97	158	49	48	5
	12	2549	6622	928	2951	154	149	82

Tablo 16. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	2
	1	0	0	0	0	0	631
	2	0	0	0	0	0	0
	3	145	644	41	0	9	2107
	4	3	51	38	0	6	303
	5	3367	16	0	26	0	428
	6	0	0	0	0	0	5
	7	40246	0	0	0	0	6
	8	10	28838	198	894	39	1915
	9	6	1110	28291	291	30	1298
	10	0	235	246	27284	88	104
	11	7	1639	1934	214	32297	93
	12	13	122	41	27	0	23376

Tablo 17. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41667	5731	0	0	0	0	0
	1	8367	35914	1110	0	0	0	0
	2	3	1454	44583	0	0	0	0
	3	1882	604	53	26359	742	691	114
	4	2161	1252	90	810	35834	13	3354
	5	2119	604	496	669	38	35300	8
	6	2663	565	0	6	667	1	36982
	7	2384	285	0	3	1	328	36
	8	662	1449	126	4626	585	454	80
	9	1516	809	241	1479	538	292	53
	10	12	6	25	229	26	32	2
	11	382	342	69	245	81	153	21
	12	2143	6284	916	2958	226	254	80

Tablo 18. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	8
	1	0	0	0	0	0	920
	2	0	0	0	0	0	0
	3	137	733	81	0	18	2142
	4	29	69	47	0	5	463
	5	3752	32	7	42	1	631
	6	0	0	2	1	2	11
	7	39869	1	0	0	0	22
	8	50	28172	270	917	41	2133
	9	38	1485	26786	315	48	1571
	10	3	235	241	27255	99	91
	11	33	1414	2198	321	32026	195
	12	26	135	49	34	0	23909

Tablo 19. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41905	5496	3	0	0	0	0
	1	10604	34075	999	0	0	0	0
	2	0	1286	44754	0	0	0	0
	3	2598	356	21	27164	450	275	76
	4	2608	1245	68	308	36498	11	3080
	5	2531	495	250	244	14	36279	1
	6	2790	847	0	0	277	0	36986
	7	2581	326	0	0	1	117	14
	8	565	1721	36	4908	310	316	17
	9	1841	774	162	842	190	67	10
	10	18	7	14	270	4	16	0
	11	359	445	83	156	26	40	1
	12	2697	7556	1043	3176	116	100	59

Tablo 20. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	2
	1	0	0	0	0	0	633
	2	0	0	0	0	0	0
	3	85	590	23	0	6	1912
	4	1	55	39	1	0	213
	5	3487	18	1	11	0	368
	6	0	0	0	0	0	0
	7	39879	0	0	0	0	11
	8	3	29142	178	847	22	1500
	9	3	839	28978	297	6	1162
	10	0	194	328	27208	67	130
	11	0	1557	1865	178	32662	108
	12	5	58	31	38	0	22135

Tablo 21. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41906	5495	3	0	0	0	0
	1	10607	34070	999	0	0	0	0
	2	0	1286	44754	0	0	0	0
	3	2569	387	21	27177	453	275	76
	4	2534	1306	67	308	36521	10	3074
	5	2527	491	251	246	14	36289	1
	6	2758	871	0	0	280	0	36991
	7	2576	321	0	0	1	120	14
	8	561	1715	37	4915	314	317	17
	9	1835	774	163	844	193	68	10
	10	18	7	14	271	4	16	0
	11	351	472	82	157	27	38	1
	12	2685	7527	1033	3163	112	103	60

Tablo 22. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	2
	1	0	0	0	0	0	635
	2	0	0	0	0	0	0
	3	86	583	23	0	7	1899
	4	1	55	39	1	0	211
	5	3482	18	1	11	0	368
	6	0	0	0	0	0	0
	7	39886	0	0	0	0	11
	8	3	29130	176	848	23	1509
	9	3	840	28977	297	6	1161
	10	0	192	326	27211	68	129
	11	0	1550	1854	178	32660	110
	12	5	58	31	39	0	22198

Tablo 23. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41369	6031	3	0	0	0	0
	1	10624	34048	999	0	0	0	0
	2	0	1286	44754	0	0	0	0
	3	2509	403	18	27265	452	274	74
	4	2455	1315	66	314	36636	11	3027
	5	2506	466	246	249	14	36435	1
	6	2683	875	0	0	293	0	37048
	7	2554	318	0	0	1	127	15
	8	544	1653	37	5013	316	318	16
	9	1808	746	160	852	201	70	11
	10	17	7	12	266	7	12	0
	11	349	455	77	149	28	38	1
	12	2587	7287	1019	3285	111	106	64

Tablo 24. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	3
	1	0	0	0	0	0	640
	2	0	0	0	0	0	0
	3	86	570	19	0	6	1880
	4	1	54	38	1	0	209
	5	3377	18	3	13	0	371
	6	0	0	0	0	0	1
	7	39904	0	0	0	0	10
	8	3	29070	171	847	22	1555
	9	5	795	29095	300	9	1119
	10	0	185	320	27241	67	122
	11	1	1511	1810	182	32773	106
	12	4	52	36	39	0	22424

Tablo 25. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41423	5977	3	0	0	0	0
	1	10562	34032	1002	0	0	0	0
	2	0	1286	44754	0	0	0	0
	3	2317	470	16	27405	475	280	73
	4	2186	1396	63	322	36924	9	2905
	5	2391	441	237	248	19	36759	1
	6	2540	907	0	0	316	0	37130
	7	2441	289	0	0	0	159	16
	8	511	1411	42	5100	322	317	16
	9	1687	652	153	855	218	72	9
	10	15	10	10	262	5	11	0
	11	325	409	75	119	26	31	2
	12	2349	6476	932	3488	124	110	67

Tablo 26. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında EYKK sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

	Karar Verilen Kategori						
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	3
	1	0	0	0	0	0	715
	2	0	0	0	0	0	0
	3	86	546	19	0	6	1863
	4	2	57	41	1	1	220
	5	3176	15	2	19	0	391
	6	0	0	0	0	0	7
	7	40013	0	0	0	0	11
	8	2	29062	188	844	22	1728
	9	4	785	29297	329	19	1091
	10	0	184	311	27282	60	106
	11	1	1389	1684	203	33114	102
	12	4	47	44	40	0	23333

Tablo 27. Boyut düşümü uygulanmadığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	40413	5681	0	0	20	0	0
	1	9035	33241	1797	0	0	0	0
	2	0	1269	44749	0	0	0	0
	3	21	86	0	30839	404	154	27
	4	107	145	0	347	42726	5	553
	5	48	324	165	434	19	41950	0
	6	188	23	0	29	3967	0	36688
	7	65	5	0	3	12	2546	0
	8	5	24	19	4415	666	230	0
	9	69	46	0	591	227	42	3
	10	0	0	0	0	3	13	5
	11	118	8	1	17	5	24	15
	12	165	99	69	2031	97	58	0

Tablo 28. Boyut düşümü uygulanmadığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	550	0	0	0	0	742
	1	416	0	0	0	0	1822
	2	0	0	7	0	15	0
	3	32	273	112	2	36	1570
	4	0	27	73	0	30	114
	5	441	10	0	0	0	308
	6	2	2	0	1	0	0
	7	40298	0	0	0	0	0
	8	0	30024	447	1738	112	1885
	9	0	290	32224	449	324	906
	10	0	53	4	28154	9	15
	11	26	470	759	97	35864	76
	12	0	28	125	115	0	34227

Tablo 29. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	40713	5736	108	0	92	0	0
	1	8317	31274	1834	0	0	0	0
	2	0	1565	44475	0	0	0	0
	3	65	622	3	29356	1034	331	36
	4	210	289	3	85	42479	6	778
	5	193	461	409	159	47	40721	24
	6	399	497	0	1	2618	0	37269
	7	231	171	0	8	16	2468	32
	8	27	9	28	5654	742	178	0
	9	35	47	17	863	529	107	1
	10	0	0	0	24	6	5	0
	11	133	87	19	13	4	11	6
	12	165	319	146	2640	89	117	4

Tablo 30. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	757
	1	0	0	128	0	0	4758
	2	0	0	0	0	0	0
	3	71	417	75	12	26	1508
	4	2	41	69	12	45	108
	5	1420	4	0	55	0	206
	6	0	3	0	14	6	93
	7	39965	0	0	0	0	38
	8	0	27473	494	1339	310	3311
	9	0	775	29606	676	1109	1406
	10	0	73	12	28032	90	14
	11	0	237	1017	437	35477	39
	12	10	76	528	147	0	32773

Tablo 31. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	40621	5480	190	0	63	0	0
	1	8699	30826	2169	0	0	0	0
	2	0	1582	44457	0	0	0	0
	3	65	573	4	29398	932	376	35
	4	206	267	5	103	42518	4	758
	5	146	492	428	243	21	40725	42
	6	363	469	0	5	2705	0	37233
	7	224	157	0	6	20	2411	22
	8	24	15	41	5693	735	271	2
	9	35	42	23	1041	496	97	0
	10	0	0	0	25	4	2	0
	11	123	91	17	9	3	12	6
	12	178	299	124	2723	89	153	1

Tablo 32. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	1052
	1	0	0	65	0	0	4552
	2	0	0	0	0	1	0
	3	62	487	109	12	33	1470
	4	3	51	76	7	38	91
	5	1304	1	3	67	0	227
	6	0	3	0	11	2	109
	7	40059	0	0	0	0	30
	8	0	27202	516	1330	374	3362
	9	0	771	29397	664	1040	1565
	10	0	74	21	28003	113	14
	11	1	228	1005	487	35452	46
	12	17	94	582	144	0	32610

Tablo 33. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	40349	5450	259	0	360	0	0
	1	9432	30061	2301	0	0	0	0
	2	0	1035	45005	0	0	0	0
	3	59	505	6	29420	972	420	35
	4	236	320	7	142	42194	6	949
	5	186	391	475	270	34	40509	40
	6	520	522	0	4	2687	0	36982
	7	232	76	0	11	25	2464	15
	8	20	20	41	5672	808	258	3
	9	42	39	11	1131	456	112	1
	10	0	0	0	27	3	7	0
	11	127	87	26	7	7	17	1
	12	276	454	145	2572	120	152	1

Tablo 34. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	988
	1	0	0	0	0	0	4517
	2	0	0	0	0	0	0
	3	57	428	148	10	40	1456
	4	0	29	86	11	49	98
	5	1492	3	1	87	1	210
	6	1	3	0	13	4	164
	7	40070	0	0	0	0	36
	8	0	27124	486	1360	335	3438
	9	0	806	29183	687	1101	1602
	10	0	69	33	27981	122	14
	11	2	271	1098	550	35224	63
	12	15	79	585	152	1	32462

Tablo 35. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	40565	5035	184	0	195	1	12
	1	9472	29290	2509	0	0	0	0
	2	0	1031	45009	0	0	0	0
	3	99	591	7	28755	1292	663	71
	4	240	276	14	303	41523	5	1373
	5	208	489	599	337	81	39652	180
	6	675	335	0	14	2539	0	37140
	7	256	116	0	1	30	2278	55
	8	41	50	23	5331	1011	465	0
	9	52	53	16	1033	922	296	8
	10	0	0	0	36	1	7	0
	11	123	65	16	15	16	18	16
	12	218	662	209	2729	264	204	10

Tablo 36. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	1414
	1	0	0	0	0	0	5040
	2	0	0	0	0	0	0
	3	70	280	164	28	65	1471
	4	12	56	103	46	57	119
	5	1770	6	9	109	0	259
	6	10	5	2	31	12	137
	7	40089	5	0	6	1	92
	8	7	26166	608	1381	359	4123
	9	6	910	28707	671	835	1662
	10	2	61	35	27968	127	19
	11	32	283	1274	702	34857	63
	12	9	102	616	136	2	31853

Tablo 37. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	39995	6457	5	1	2	0	0
	1	8264	32138	1908	0	0	8	0
	2	0	1086	44954	0	0	0	0
	3	29	735	5	29467	779	326	57
	4	137	327	5	111	42365	3	916
	5	144	516	349	161	66	40966	108
	6	267	543	0	2	2400	0	37530
	7	174	87	0	10	23	2477	23
	8	36	9	23	5781	708	271	1
	9	50	53	9	981	649	84	0
	10	0	0	0	32	3	3	0
	11	113	80	18	2	3	12	5
	12	211	296	119	2817	64	94	3

Tablo 38. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	946
	1	0	0	0	0	0	3993
	2	0	0	0	0	0	0
	3	53	361	87	26	40	1591
	4	0	56	61	18	50	78
	5	1122	1	2	66	0	198
	6	3	4	0	9	5	137
	7	40096	1	0	0	0	38
	8	0	27355	401	1317	430	3233
	9	0	553	29745	642	1069	1336
	10	0	66	18	28023	103	8
	11	1	257	871	453	35621	44
	12	1	63	643	165	0	32538

Tablo 39. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	41084	5322	0	0	0	0	3
	1	7069	32354	1764	0	0	1	1
	2	0	1377	44663	0	0	0	0
	3	23	502	3	29415	876	306	73
	4	144	366	7	163	42272	5	899
	5	82	509	388	211	28	40826	37
	6	337	610	0	7	2368	0	37449
	7	183	12	0	4	7	2454	32
	8	29	16	9	5673	665	218	1
	9	38	52	3	1052	563	139	3
	10	0	0	0	52	1	7	0
	11	115	82	19	9	2	8	6
	12	218	313	140	2451	127	109	4

Tablo 40. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	997
	1	1	0	0	0	0	5121
	2	0	0	0	0	0	0
	3	58	586	159	6	48	1501
	4	0	38	74	8	50	101
	5	1322	1	1	51	0	243
	6	0	11	0	14	7	97
	7	40187	0	0	0	0	50
	8	0	27926	567	1340	436	2685
	9	0	949	29462	653	874	1383
	10	0	58	20	27987	121	10
	11	1	182	964	577	35480	35
	12	8	64	534	128	3	32915

Tablo 41. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	40885	5487	33	0	172	0	5
	1	7971	32467	1260	0	0	0	0
	2	0	1364	44676	0	0	0	0
	3	46	153	6	29648	1109	468	56
	4	116	251	2	145	42436	9	893
	5	128	237	500	216	136	40835	83
	6	408	502	0	2	2649	0	37160
	7	264	66	0	5	17	2631	18
	8	22	16	34	5470	961	566	0
	9	49	45	10	1150	549	119	0
	10	0	0	0	30	4	5	0
	11	113	100	17	20	12	27	9
	12	232	424	122	2704	148	153	2

Tablo 42. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	11	0	0	0	813
	1	0	0	100	0	0	4513
	2	0	0	0	0	0	0
	3	59	366	120	16	50	1459
	4	0	31	74	7	45	118
	5	1258	3	4	73	0	226
	6	6	4	0	24	3	142
	7	39840	2	0	0	0	86
	8	0	26854	582	1425	331	3304
	9	0	657	29434	670	766	1722
	10	0	61	22	28022	107	5
	11	6	385	1430	558	34757	46
	12	5	72	639	117	0	32396

Tablo 43. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	40313	5709	0	0	9	0	130
	1	7670	31348	1773	0	0	0	0
	2	0	1070	44968	0	0	2	0
	3	69	208	4	28788	1408	829	111
	4	215	470	19	522	41545	19	942
	5	207	368	519	477	134	39671	65
	6	377	315	0	9	2809	7	37232
	7	206	46	0	6	18	2829	113
	8	26	42	60	5617	878	663	1
	9	44	49	45	1284	870	354	16
	10	0	0	0	49	5	4	2
	11	129	59	18	20	12	56	17
	12	182	701	217	2906	193	228	17

Tablo 44. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	1245
	1	0	0	157	0	0	5363
	2	0	0	0	0	0	0
	3	98	235	314	31	70	1391
	4	5	63	92	55	44	136
	5	1791	10	26	137	4	290
	6	2	2	5	43	23	76
	7	39512	0	1	1	3	194
	8	2	26216	669	1396	292	3703
	9	2	970	28474	595	479	1989
	10	0	106	40	27885	150	15
	11	25	322	1398	642	34746	36
	12	9	97	573	99	1	31791

Tablo 45. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	44041	3246	0	0	0	0	115
	1	6062	37681	2133	0	0	0	15
	2	0	499	45500	0	0	11	0
	3	1	1	0	30477	656	280	80
	4	49	21	33	136	41728	1	1583
	5	5	17	245	645	201	39987	60
	6	23	6	0	13	1429	0	39154
	7	101	9	0	0	2	1183	54
	8	1	1	0	9621	1081	443	1
	9	17	25	0	1793	287	145	55
	10	0	0	0	33	20	3	0
	11	69	4	0	6	5	9	65
	12	123	20	1	3070	59	86	29

Tablo 46. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	4
	1	13	0	2	1	10	394
	2	13	0	0	0	15	2
	3	66	275	249	37	62	1372
	4	0	4	33	20	76	443
	5	1792	5	19	35	0	688
	6	3	0	0	171	2	99
	7	41564	0	0	3	1	12
	8	16	21316	1120	1785	676	3504
	9	1	1151	26915	1406	1062	2314
	10	0	17	52	28076	40	15
	11	10	428	536	1826	34481	41
	12	7	44	275	108	32	33160

Tablo 47. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	44251	3045	0	0	0	0	96
	1	6221	37446	2232	0	0	0	15
	2	0	420	45596	0	1	4	0
	3	4	4	0	30559	641	285	61
	4	49	29	39	119	41929	1	1406
	5	5	40	251	606	188	40113	39
	6	32	8	0	13	1509	0	39167
	7	124	3	0	0	3	1108	52
	8	2	1	0	8984	1040	426	2
	9	21	25	0	1437	279	128	48
	10	0	0	0	44	20	8	1
	11	71	8	1	8	7	11	62
	12	117	24	0	2927	32	82	31

Tablo 48. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	14
	1	10	0	0	0	6	381
	2	7	0	2	0	10	0
	3	56	270	210	24	81	1361
	4	0	4	25	23	63	440
	5	1689	5	17	19	0	727
	6	3	0	0	99	4	65
	7	41626	0	0	0	1	12
	8	12	22144	1078	1642	591	3643
	9	0	1002	27827	1094	1253	2057
	10	0	29	52	28038	52	12
	11	6	355	600	1508	34799	44
	12	3	49	249	104	21	33375

Tablo 49. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	44186	3137	0	0	0	0	70
	1	6410	37327	2250	0	0	0	7
	2	0	472	45559	0	0	3	0
	3	14	4	0	30527	634	261	36
	4	50	34	34	110	42185	4	1161
	5	6	60	363	621	191	40122	27
	6	19	12	0	14	1601	0	39165
	7	150	8	0	2	4	1116	24
	8	2	2	0	7671	1071	406	0
	9	24	52	2	998	271	103	16
	10	0	0	0	41	27	10	0
	11	80	5	3	8	5	15	68
	12	124	15	1	2825	38	55	15

Tablo 50. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	13
	1	9	0	0	0	1	307
	2	0	1	1	0	4	0
	3	55	299	162	14	82	1468
	4	0	3	21	18	46	461
	5	1537	8	19	12	0	733
	6	2	0	0	40	7	40
	7	41617	0	0	0	0	8
	8	13	24072	956	1477	572	3323
	9	0	808	28877	842	1605	1573
	10	0	36	38	28042	53	9
	11	0	322	702	1276	34962	34
	12	3	22	308	94	16	33498

Tablo 51. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında RO sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	44365	2972	0	0	0	0	48
	1	6537	37359	2198	0	0	0	0
	2	0	187	45853	0	0	0	0
	3	13	39	0	30233	566	270	32
	4	51	35	35	78	42378	6	957
	5	34	107	401	471	181	40107	46
	6	72	63	0	16	1552	0	39121
	7	110	13	0	3	10	1481	8
	8	4	0	0	5941	1022	392	0
	9	26	57	6	576	261	96	11
	10	0	0	0	48	24	12	1
	11	89	13	7	5	7	20	33
	12	121	18	3	2580	43	52	8

Tablo 52. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında RO sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	1	0	0	0	0	20
	1	4	0	0	0	0	213
	2	0	0	0	0	0	0
	3	60	436	144	11	82	1670
	4	0	5	15	6	59	502
	5	1545	9	20	13	0	765
	6	1	0	0	4	4	67
	7	41280	0	0	0	0	24
	8	3	26727	755	1297	803	2621
	9	0	655	29958	716	1795	1014
	10	0	50	44	27993	74	10
	11	0	307	797	958	35201	43
	12	1	21	342	98	19	33708

Tablo 53. Boyut düşümü uygulanmadığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	45956	1450	0	0	0	0	0
	1	13345	31454	342	0	1	0	0
	2	0	947	45093	0	0	0	0
	3	686	104	0	29859	274	241	23
	4	391	81	11	298	42577	3	573
	5	624	190	335	248	6	41225	1
	6	984	241	0	9	2534	0	37105
	7	724	0	0	24	0	1494	0
	8	141	150	83	3475	240	206	0
	9	399	128	147	987	132	61	1
	10	2	0	0	42	17	11	0
	11	172	111	25	81	2	11	2
	12	766	2375	205	2825	19	48	11

Tablo 54. Boyut düşümü uygulanmadığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	1169
	2	0	0	0	0	0	0
	3	48	290	109	9	62	1851
	4	0	78	72	4	4	35
	5	842	15	1	20	1	191
	6	9	5	3	10	0	0
	7	40686	0	0	1	0	0
	8	1	31686	412	897	115	2159
	9	0	1370	29706	310	316	1614
	10	0	858	116	27168	29	13
	11	10	906	1563	436	34107	54
	12	0	137	345	80	1	30202

Tablo 55. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	46403	1003	0	0	0	0	0
	1	12882	30770	764	0	3	0	0
	2	0	984	45056	0	0	0	0
	3	685	128	0	29852	264	302	32
	4	417	97	9	297	42512	2	596
	5	665	209	336	265	3	41192	1
	6	920	242	0	9	2441	0	37248
	7	724	1	0	11	0	1638	0
	8	155	152	81	3713	280	188	0
	9	394	167	250	1028	150	80	3
	10	0	0	0	37	18	14	0
	11	146	115	38	80	6	13	2
	12	708	2309	243	2949	18	63	17

Tablo 56. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	1	0	0	0	1891
	2	0	0	0	0	0	0
	3	43	305	112	5	56	1772
	4	0	75	66	2	3	51
	5	825	6	1	26	0	170
	6	4	7	2	24	3	0
	7	40554	0	0	1	0	0
	8	1	31368	365	860	132	2270
	9	0	1360	29464	281	377	1617
	10	0	790	193	27162	38	4
	11	13	901	1548	379	34209	30
	12	0	127	301	91	0	30188

Tablo 57. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	46129	1277	0	0	0	0	0
	1	11535	32495	364	0	5	0	0
	2	0	964	45076	0	0	0	0
	3	631	86	2	29952	280	256	28
	4	378	86	8	269	42570	1	613
	5	556	232	362	408	3	41208	0
	6	800	139	0	11	2318	0	37590
	7	652	1	0	15	0	1622	0
	8	168	91	90	3671	272	198	0
	9	337	95	260	1031	164	87	1
	10	0	0	0	53	13	12	0
	11	152	98	40	87	4	12	2
	12	765	2229	204	2838	22	78	19

Tablo 58. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	14	0	0	0	1898
	2	0	0	0	0	0	0
	3	43	316	118	5	58	1781
	4	1	70	66	4	6	55
	5	704	9	1	19	0	197
	6	2	5	1	31	3	0
	7	40638	0	0	1	0	0
	8	2	31521	379	849	125	2199
	9	0	1333	29656	276	203	1728
	10	0	780	189	27172	33	4
	11	10	989	1510	371	34170	35
	12	1	126	298	90	1	30343

Tablo 59. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	45914	1492	0	0	0	0	0
	1	11851	31769	786	0	1	0	0
	2	0	960	45080	0	0	0	0
	3	582	90	0	29991	281	272	31
	4	428	60	13	300	42527	0	576
	5	624	179	389	299	5	41291	1
	6	916	225	0	16	2352	0	37328
	7	727	0	0	4	0	1709	0
	8	153	201	111	3368	240	188	0
	9	301	168	216	1054	159	100	2
	10	0	0	0	40	14	15	0
	11	173	140	34	81	3	15	1
	12	738	2372	215	3024	24	100	10

Tablo 60. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	1	0	0	0	1903
	2	0	0	0	0	0	0
	3	45	401	95	5	42	1721
	4	1	100	52	6	10	54
	5	674	8	0	30	0	199
	6	0	10	7	43	2	1
	7	40488	0	0	0	0	1
	8	0	31649	400	875	126	2254
	9	0	1433	29212	303	404	1819
	10	0	821	159	27158	42	7
	11	5	846	1531	376	34214	61
	12	0	117	317	98	1	29998

Tablo 61. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	45951	1455	0	0	0	0	0
	1	11610	32319	472	0	2	0	0
	2	0	1037	45003	0	0	0	0
	3	690	60	3	29614	348	273	35
	4	449	50	16	456	42227	1	634
	5	682	166	416	382	46	40605	1
	6	887	138	0	22	2595	0	37202
	7	987	0	0	12	0	2087	0
	8	152	481	109	3923	301	241	0
	9	406	242	181	1098	246	139	3
	10	0	0	1	51	14	14	0
	11	205	214	36	73	6	19	8
	12	740	2479	242	2819	26	106	10

Tablo 62. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulanmadığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	1908
	2	0	0	0	0	0	0
	3	43	491	121	13	49	1816
	4	3	101	76	7	7	100
	5	1076	9	0	61	0	255
	6	1	5	4	42	4	0
	7	39841	0	0	2	0	0
	8	1	30164	444	915	151	2683
	9	0	1695	28638	290	343	1890
	10	0	764	233	27131	37	11
	11	64	952	1549	437	33884	33
	12	4	119	404	98	2	29965

Tablo 63. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	45859	1547	0	0	0	0	0
	1	12805	31091	536	0	1	0	0
	2	0	944	45096	0	0	0	0
	3	772	87	0	29874	255	209	25
	4	385	78	11	296	42541	3	610
	5	672	209	340	273	5	41083	1
	6	974	212	0	7	2525	0	37161
	7	730	0	0	26	0	1527	0
	8	173	156	87	3627	281	206	0
	9	427	129	185	974	128	63	1
	10	2	0	0	45	15	11	0
	11	172	135	23	73	2	6	2
	12	758	2352	224	2814	18	52	11

Tablo 64. m/N oranı %100 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	1878
	2	0	0	0	0	0	0
	3	49	273	92	11	68	1841
	4	0	80	75	4	2	42
	5	909	13	1	10	1	182
	6	7	3	3	8	0	0
	7	40645	0	0	1	0	0
	8	0	31470	409	890	103	2163
	9	1	1301	29787	309	314	1552
	10	0	850	136	27154	30	13
	11	5	996	1565	372	34078	51
	12	0	133	318	81	1	30252

Tablo 65. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	46352	1054	0	0	0	0	0
	1	12789	31159	488	0	3	0	0
	2	0	954	45086	0	0	0	0
	3	631	82	1	29969	280	282	28
	4	368	127	10	284	42492	0	638
	5	525	212	385	223	4	41352	0
	6	966	226	0	13	2321	0	37334
	7	829	5	0	12	0	1581	0
	8	148	129	72	3494	247	209	1
	9	412	144	198	1025	134	71	1
	10	1	0	0	43	13	10	0
	11	154	120	25	77	8	13	4
	12	719	2353	240	2781	23	50	14

Tablo 66. m/N oranı %75 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	5	0	0	0	1867
	2	0	0	0	0	0	0
	3	42	303	105	7	61	1765
	4	0	92	52	4	2	58
	5	779	12	1	27	0	179
	6	0	1	4	31	4	0
	7	40501	0	0	1	0	0
	8	0	31744	366	863	130	2162
	9	1	1447	29488	292	331	1627
	10	0	736	214	27194	36	9
	11	8	959	1469	438	34156	49
	12	0	131	260	81	1	30361

Tablo 67. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	46403	1003	0	0	0	0	0
	1	12087	31855	457	0	3	0	0
	2	0	959	45081	0	0	0	0
	3	661	29	4	30117	250	272	37
	4	420	101	8	361	42403	1	627
	5	533	194	432	322	11	41178	0
	6	769	200	0	14	2446	0	37403
	7	607	2	0	8	0	1727	0
	8	143	147	118	3449	292	222	0
	9	367	87	185	1082	145	121	6
	10	1	0	1	40	15	13	0
	11	171	175	42	92	7	20	6
	12	813	2451	229	2886	26	77	9

Tablo 68. m/N oranı %50 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	1909
	2	0	0	0	0	0	0
	3	51	353	83	5	62	1632
	4	0	88	57	2	4	55
	5	778	9	0	48	0	194
	6	0	3	1	59	5	0
	7	40580	0	0	4	0	1
	8	0	31573	453	888	118	2162
	9	0	1561	29360	292	140	1825
	10	0	800	170	27167	29	20
	11	18	1155	1531	403	33818	42
	12	0	131	319	81	0	29992

Tablo 69. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	45751	1648	0	0	0	0	0
	1	12708	30291	821	0	1	0	0
	2	0	1004	45036	0	0	0	0
	3	614	29	5	29899	378	247	37
	4	442	104	17	520	42041	2	749
	5	592	218	451	582	86	40489	0
	6	651	154	0	40	2712	0	37232
	7	800	9	0	12	1	2171	3
	8	196	327	180	3964	262	365	0
	9	337	181	190	1379	164	201	6
	10	2	2	0	55	10	11	0
	11	164	93	35	108	15	28	8
	12	720	2546	292	2872	35	108	15

Tablo 70. m/N oranı %25 iken DD'ye TDA-ÖK uygulandığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	7
	1	0	6	0	0	0	2484
	2	0	0	0	0	0	0
	3	46	443	125	10	50	1673
	4	0	96	59	10	9	78
	5	952	14	1	66	0	248
	6	2	22	5	74	6	2
	7	39917	2	0	10	1	3
	8	0	30111	477	930	138	2615
	9	1	1949	28438	326	154	1845
	10	0	598	282	27236	56	4
	11	33	1118	1738	560	33506	74
	12	0	128	261	97	0	29940

Tablo 71. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	46245	1161	0	0	0	0	0
	1	11834	32586	1252	0	3	0	0
	2	0	1081	44959	0	0	0	0
	3	808	89	0	29828	260	233	29
	4	325	117	0	220	42758	2	492
	5	523	288	293	275	11	40971	0
	6	683	225	0	3	2683	0	37102
	7	848	4	0	20	0	2030	5
	8	87	90	58	3438	373	258	3
	9	311	68	165	860	115	48	10
	10	0	0	0	29	9	12	0
	11	152	70	27	29	4	11	0
	12	608	2550	235	2582	16	41	9

Tablo 72. m/N oranı %100 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	636
	2	0	0	0	0	0	0
	3	43	328	75	18	60	1785
	4	0	80	65	3	3	62
	5	968	13	0	69	0	288
	6	2	4	5	185	8	0
	7	39976	1	0	42	3	0
	8	5	31794	299	1256	41	1863
	9	0	1461	30061	380	154	1538
	10	0	785	155	27237	23	6
	11	6	612	1515	644	34355	55
	12	0	124	200	132	1	30516

Tablo 73. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	46241	1165	0	0	0	0	0
	1	11859	32582	1061	0	3	0	0
	2	0	1077	44963	0	0	0	0
	3	800	89	0	29816	255	232	28
	4	326	108	3	214	42730	2	518
	5	521	309	258	278	10	40999	0
	6	678	226	0	4	2690	0	37106
	7	849	3	0	18	0	2021	5
	8	85	90	59	3395	375	262	3
	9	306	66	160	818	115	51	10
	10	0	0	0	29	8	13	0
	11	152	70	27	26	3	12	0
	12	597	2537	236	2543	14	44	9

Tablo 74. m/N oranı %75 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	806
	2	0	0	0	0	0	0
	3	44	329	77	16	70	1800
	4	0	71	64	4	15	72
	5	966	14	0	69	0	275
	6	3	0	2	183	8	0
	7	39988	1	0	40	4	0
	8	5	31813	295	1252	54	1877
	9	0	1378	30213	379	158	1517
	10	0	782	152	27238	25	9
	11	6	619	1515	638	34360	52
	12	0	115	193	131	1	30594

Tablo 75. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	46262	1144	0	0	0	0	0
	1	12137	32275	1064	0	2	0	0
	2	0	1024	45016	0	0	0	0
	3	786	83	0	29802	264	240	24
	4	329	130	3	227	42751	1	464
	5	510	317	267	286	10	41013	0
	6	677	240	0	6	2675	0	37114
	7	853	4	0	21	0	1940	4
	8	80	85	55	3118	373	265	3
	9	304	62	139	805	110	54	11
	10	0	0	0	27	9	10	0
	11	153	73	28	26	3	9	1
	12	596	2570	237	2612	12	45	9

Tablo 76. m/N oranı %50 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	833
	2	0	0	0	0	0	0
	3	40	342	71	15	70	1819
	4	0	65	62	5	18	72
	5	938	15	0	67	0	276
	6	3	0	2	175	8	0
	7	40071	0	0	31	5	0
	8	5	32136	306	1217	53	1869
	9	0	1418	30264	374	158	1472
	10	0	790	149	27228	27	16
	11	6	613	1488	623	34403	54
	12	0	139	185	119	0	30490

Tablo 77. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama 0.-6. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori						
		0	1	2	3	4	5	6
Orjinal Kategori	0	46141	1265	0	0	0	0	0
	1	11637	32463	1311	0	2	0	0
	2	0	1076	44964	0	0	0	0
	3	792	70	1	29780	273	252	24
	4	333	127	3	255	42724	1	472
	5	489	296	275	346	19	41009	0
	6	672	253	0	43	2641	0	37095
	7	873	3	0	24	0	2198	4
	8	82	75	56	3060	403	262	1
	9	303	72	115	773	106	64	10
	10	0	0	0	24	10	14	0
	11	156	76	31	35	4	8	0
	12	585	2416	232	2572	17	35	7

Tablo 78. m/N oranı %25 iken TBA uygulandığında DVM sınıflama 7.-12. karar kategorileri hata matrisi.

		Karar Verilen Kategori					
		7	8	9	10	11	12
Orjinal Kategori	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	898
	2	0	0	0	0	0	0
	3	41	322	89	17	68	1827
	4	0	87	48	10	8	59
	5	890	13	1	67	0	294
	6	0	6	3	181	6	0
	7	39800	0	1	25	1	0
	8	3	32297	304	1115	63	1844
	9	0	1221	30553	345	154	1455
	10	0	768	176	27231	27	6
	11	4	585	1575	596	34361	49
	12	0	122	295	129	0	30604

