

MATLAB ile Medikal Görüntü İşlemenin Temelleri

Sınıflandırmaya Giriş ve Gelişmiş Yapay Zeka
Destekli Biyomedikal Uygulamaları

Doç. Dr. Ali Berkan URAL



Doç. Dr. Ali Berkan URAL

MATLAB İLE MEDİKAL GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN TEMELLERİ
Sınıflandırmaya Giriş ve Gelişmiş Yapay Zeka
Destekli Biyomedikal Uygulamaları

ISBN 978-625-8656-30-5

Kitap içeriğinin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.

© 2026, PEGEM AKADEMİ

Bu kitabın basım, yayım ve satış hakları Pegem Akademi Yay. Eğt. Dan. Hizm. Tic. AŞ'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri, kapak tasarımı; mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt ya da başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz. Bu kitap, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır. Okuyucularımızın bandrolü olmayan kitaplar hakkında yayınevimize bilgi vermesini ve bandrolsüz yayınları satın almamasını diliyoruz.

Pegem Akademi Yayıncılık, 1998 yılından bugüne uluslararası düzeyde düzenli faaliyet yürüten **uluslararası akademik bir yayınevidir**. Yayımladığı kitaplar; Yükseköğretim Kurulunca tanınan yükseköğretim kurumlarının kataloglarında yer almaktadır. Dünyadaki en büyük çevrimiçi kamu erişim kataloğu olan **WorldCat** ve ayrıca Türkiye'de kurulan **Turcademy.com** tarafından yayınları taranmaktadır, indekslenmektedir. Aynı zamanda farklı yazarlara ait 2000'in üzerinde yayını bulunmaktadır. Pegem Akademi Yayınları ile ilgili detaylı bilgilere <http://pegem.net> adresinden ulaşılabilir.

I. Baskı: Mart 2026, Ankara

Yayın-Proje: Selcan Durmuş
Dizgi-Grafik Tasarım: Beyza Nur Erdoğan
Kapak Tasarımı: Pegem Akademi

Baskı: Sayfa Basım Sanayi Ticaret Ltd. Şti.
İvedik OSB Matbaacılar Sit. 1514. Cad. No: 23-25
Yenimahalle/ANKARA

Yayıncı Sertifika No: 51818
Matbaa Sertifika No: 77079

İletişim

Pegem Akademi: Shira Ticaret Merkezi
Macun Mahallesi 204 Cad. No: 141/33, Yenimahalle/Ankara
Yayınevi: 0312 430 67 50
Dağıtım: 0312 434 54 24
Hazırlık Kursları: 0312 419 05 60
İnternet: www.pegem.net
E-ileti: yayinevi@pegem.net
WhatsApp Hattı: 0538 594 92 40

ÖN SÖZ

Günümüzde mühendislik ve fen bilimleri alanlarında üretilen verilerin önemli bir bölümü görsel nitelik taşımakta; bu durum, görüntülerin yalnızca görselleştirilmesiyle yetinilmeyip, sayısal olarak analiz edilmesini, yorumlanmasını ve karar destek süreçlerinde etkin biçimde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle biyomedikal mühendisliği, elektrik-elektronik mühendisliği, bilgisayar mühendisliği ve savunma teknolojileri gibi disiplinlerde dijital görüntü işleme, vazgeçilmez bir araç hâline gelmiştir.

Bu kitap, MATLAB programlama dilini temel alarak dijital ve biyomedikal görüntü işlemenin kuramsal altyapısını, matematiksel temellerini ve uygulamalı çözüm yaklaşımlarını bütüncül bir bakış açısıyla sunmak amacıyla hazırlanmıştır. MATLAB'ın güçlü matris tabanlı hesaplama yetenekleri, zengin araç kutuları ve akademik çalışmalarda yaygın kullanımı, görüntü işleme algoritmalarının hem anlaşılır hem de uygulanabilir bir biçimde ele alınmasına olanak sağlamaktadır.

Bu kitap; MATLAB'a girişten başlayarak görüntü kavramı, çözünürlük, nicelme, renk uzayları ve görüntü formatları gibi temel başlıkları ayrıntılı biçimde ele almakta, ardından uzaysal ve frekans düzleminde görüntü iyileştirme, filtreleme, kenar tespiti, morfolojik işlemler, segmentasyon ve sınıflandırma gibi ileri seviye konulara sistematik bir geçiş yapmaktadır. Her konu, matematiksel açıklamalar ve MATLAB uygulamaları ile desteklenmiştir. Eserde ayrıca mamografi, manyetik rezonans görüntüleme, anjiyografi ve kemik analizi gibi biyomedikal görüntüleme uygulamalarına yer verilerek, teorik bilginin klinik ve mühendislik pratiği ile bütünleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu yönüyle kitap, yalnızca bir yazılım öğretim kaynağı değil; aynı zamanda görüntü işleme problemlerini analiz edebilen, uygun yöntemleri seçebilen ve kendi algoritmalarını geliştirebilen mühendisler ve araştırmacılar yetiştirmeyi amaçlayan bir başvuru eseridir.

Bu kitabın; lisans ve lisansüstü düzeyde eğitim gören öğrenciler, akademisyenler ve görüntü işleme alanında çalışan araştırmacılar için faydalı bir kaynak eser olması temel hedef olup; bu kitap Kafkas Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Devreler ve Sistemler/Biyomedikal anabilim dalı Öğretim Üyesi Doç. Dr. Ali Berkan URAL tarafından yazılmıştır. Kitabın tasarım, uygulama, hazırlık, editörlük, redaksiyon gibi tüm süreçleri de Doç. Dr. Ali Berkan URAL tarafından gerçekleştirilmiştir. Ek olarak, kitabın ek redaksiyon ve son inceleme aşaması, Doç. Dr. Ali Berkan URAL'ın akademik anlamda yetiştirdiği ve beraber çalışmalar yaptığı Kafkas Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü 2. Sınıf öğrencisi kıymetli Hümeyra KARADENİZ tarafından gerçekleştirilmiştir.

Son olarak, bu kitabı hayattaki en büyük şansım ve gerçek hazinem olan canım anneme, aileme, dostlarıma; ve kaybettiğim çok sevgili babama, anneanneme ve kuzenim Aytuğ Kardeş'e atfediyorum.

*Doç. Dr. Ali Berkan URAL
Şubat 2026, Kars*

İÇİNDEKİLER

Ön Söz.....	iii
-------------	-----

1. BÖLÜM

MATLAB İLE BİYOMEDİKAL GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN TEMELLERİ

Görüntü Kavramı	1
Görüntü ve görüntü sistemlerine giriş	1
Görüntüde renk kavramı.....	6
Görüntüde rezolüsyon ve niceleme kavramı	7
Görüntü formatları.....	7
Görüntü türleri	8
MATLAB ile Görüntü İşlemenin Temelleri.....	11
Görüntü okuma ve yazma işlemi.....	11
Görüntünün görüntülenmesi işlemi	11
Görüntü piksel değerlerinin incelenmesi.....	12
Görüntü renk dönüşümü işlemi	13
Dijital Görüntü İşlemenin Yaygın Kullanım Alanları	13
Tıbbi tanı görüntüleme	13
Biyolojik görüntüleme	14
Adli tıp ve kolluk kuvvetleri.....	14
İnsan-makine arayüzü	14
Otomasyon ve robotik	14
Savunma sanayi.....	14
Belge işleme	15
Fotoğrafçılık ve sinema.....	15
Yayımlama ve baskı süreçleri	15
Uzaktan algılama	15
İletişim	15
Uzay araştırma ve astronomi	15

2. BÖLÜM

GÖRÜNTÜ FORMASYONU / OLUŞUMU VE GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİNİN TEMELLERİ

Görüntü Oluşumu.....	16
Görüntü Oluşumunun Matematiksel Olarak Açıklanması	16
Doğrusal görüntü sistemlerinin temelleri.....	17
Doğrusal süperpozisyon integrali kavramı	17
Nokta dağılım fonksiyonu (NDF/PSF).....	18

Konvolüsyon integrali kavramı.....	18
Görüntüde gürültü kavramı.....	21
Dijital Görüntüleme Sistemlerinin Temelleri.....	22
Görüntünün Dijitalleştirilmesi İşlemi	23
Uzaysal nicemleme	24

3. BÖLÜM

PIKSEL BAZLI GÖRÜNTÜ İŞLEMLERİ

Piksel Kavramı	27
Piksel Bazlı Görüntü Operasyonları	27
Aritmetik görüntü operasyonları	27
Mantıksal görüntü operasyonları	30
Nokta Bazlı Görüntü İşlemleri	33
Logaritmik görüntü dönüşümü	34
Ekspansiyon görüntü dönüşümü.....	35
Piksel Dağılımlarının Grafikselsel Görünümü (Histogram)	37
Eşikleme seviyesinin seçimi için histogram kullanımı.....	39
Adaptif/uyarlamalı eşikleme yöntemi.....	40
Kontrast sıkıştırma/germe yöntemi	41
Histogram eşitleme (equalization) yöntemi.....	42
Histogram eşitleme (matching) yöntemi.....	44
Renkli görüntülerde (KYM-RGB) histogram bazlı işlemler.....	46

4. BÖLÜM

RADYASYONLA ELDE EDİLEN TIBBİ GÖRÜNTÜLER

İyonlaştırıcı Radyasyonla Elde Edilen Tıbbi Görüntüler	47
X-ray çekimi görüntüleri	47
γ (Gama) Işınları ile Görüntüleme	66
İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonla Elde Edilen Tıbbi Görüntüler	71
Ultrason görüntüleme.....	72
Doppler görüntüleme.....	76
Manyetik rezonans görüntüleme (MRG).....	78
Görüntü arşivleme ve iletişim sistemleri (Gais) (Picture Archiving and Communication Systems (PACS))	85

5. BÖLÜM

GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME (UZAYSAL DÜZLEMDE)

Piksel Komşuluğu Kavramı.....	87
Doğrusal Filtrelemenin Temelleri.....	88
Doğrusal Olmayan Uzamsal Filtrelemenin Temelleri.....	90
Filtreleme ile Gürültü Giderme.....	91
Ortalama (mean) filtreleme.....	92
Medyan filtreleme.....	93
Sıralama (rank) filtresi.....	94
Gauss filtreleme.....	95
Kenar Tespitine Yönelik Filtreleme.....	96
Türevsel Filtreler.....	96
Birinci dereceden kenar çıkarma.....	98
İkinci dereceden kenar çıkarma.....	100
Kenar İyileştirme İşlemi.....	102
Laplacian kenar keskinleştirme.....	102

6. BÖLÜM

GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME (FREKANS DÜZLEMİNDE)

Fourier Alanına Giriş.....	105
Fourier Dönüşümünün Temelleri.....	107
1B (1 Boyutlu) Fourier dönüşümü.....	107
Ters Fourier dönüşümünün temelleri.....	108
2B (2 Boyutlu) Fourier dönüşümleri.....	110
Fourier Dönüşümü Tabanlı Frekans-Uzay Filtrelemesi.....	111
Konvolüsyon Teorimi.....	112

7. BÖLÜM

GÖRÜNTÜ RESTORASYONU

Noktasal Yayılma Fonksiyonu (PSF) ve Gürültünün Temelleri.....	115
Gürültü Türleri.....	117
Beyaz gürültü.....	117
Renkli gürültü.....	117
Periyodik gürültü.....	118
Gauss Gürültüsü.....	118
Tuz ve biber gürültüsü.....	119
Nicemleme (kuantalama) gürültüsü.....	120
Gürültü Azaltma/Gidermeye Yönelik Filtreleme.....	121

Adaptif Filtreler	123
Görüntüde Bulanıklık(Blurring)	126
Görüntü Keskinleştirme ve Geri Kazanım (Deblurring)	127

8. BÖLÜM

GÖRÜNTÜ GEOMETRİSİ

Şekil Teriminin Açıklaması	129
Şekil Koruma Dönüşümleri	130
Şekil Dönüşümü ve Homojen Koordinatlar	131
Procrustes Dönüşümü (Procrustes Transformation)	133
Procrustes Hizalaması (Procrustes Alignment)	134
Projeksiyon Dönüşümü (Projective Transformation)	135
Doğrusal Olmayan (Nonlinear) Dönüşümler	136
Warping: Görüntünün Uzamsal Dönüştürülmesi	138

9. BÖLÜM

GÖRÜNTÜ MORFOLOJİSİ

İkili Görüntü Kavramı	140
Yapı Elemanı Kavramı ve Komşuluklar	141
Yapı elemanının merkezi	142
Yapı elemanı ve komşuluk ilişkisi	143
Yapı elemanının matematiksel yapısı ve zorunlu dikdörtgen formu	143
Morfolojik Operatörler: Genişletme (Dilation) ve Aşındırma (Erosion)	143
Morfolojik Açma ve Kapama İşlemi (Opening&Closing)	146
Rolling Ball (Yuvarlanan Top) Analojisinin Temelleri	147
Sınır Çıkarma İşlemi (Boundary Extraction)	149
Bağlı Bileşenlerin Çıkarılması İşlemi	151
Bölge Doldurma İşlemi	153
Vur-Kaç Dönüşümü (Hit or Miss Transformation)(Vurma-İskalama Dönüşümü)	155
Hit-or-Miss'in kavramsal çerçevesi	155
Dönüşüm aşamaları	157
Morfolojik İskeletleştirme İşlemi (Skeletonization)	158
Prairie-Fire (Bozkır Yangını) analojisi	158
İskeletleştirme/Skeletonization'ın nesne analizindeki rolü	159
Hesaplama yöntemleri ve kullanım alanları	159
Top Hat (Üst Şapka) Morfolojik Dönüşümü	160
Top Hat dönüşümünün matematiksel açıklaması	161

10. BÖLÜM**GÖRÜNTÜ SEGMENTASYONU (BÖLÜTLEME) İŞLEMİ**

Segmentasyon Kavramı	163
Eşikleme (Thresholding) İşlemi.....	165
Optimal Eşiklemenin Temelleri.....	167
Adaptif eşikleme	172
Alan Bazlı Metotların Temelleri	175
Sınır Bazlı Metotların Temelleri	178
Kenar tespiti, gürültü, yumuşatma ve kenar birleştirme işlemleri	178
Diğer Metotlara Giriş.....	180
Aktif kontur (Yılan) kavramı	180
MRG görüntüsü üzerinden uygulama örneği	183
Watershed (Su havzası) segmentasyonunun temelleri	186

11. BÖLÜM**GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA İŞLEMİ**

Nesne Tanıma ve Sınıflandırma	194
Bağlı Bileşenlerin Etiketlenmesi	194
Özellik/Öznitelik Kavramı (Features).....	197
Özellik türleri – Genel sınıflandırma.....	198
Temel matematiksel özelliklere giriş.....	198
Beyin MRG görüntüsü üzerinde MATLAB uygulaması (Özellik çıkarımı).....	199
İstatistiksel Sınıflandırmaya Giriş	201
Parametrik metotlar	202
Toplu (Ensemble) sınıflandırıcılara giriş.....	211
Eğitimsiz (Unsupervised) Öğrenme: k-Ortalamlar (Means) Kümeleme.....	211
Hiyerarşik Sınıflandırma	212
Medikal Görüntüleme Analizi Uygulamaları	213

12. BÖLÜM**MEDİKAL ALANINDA GÖRÜNTÜ İŞLEME BAZLI
GELİŞMELER VE UYGULAMALAR**

Mamografide Bilgisayar Destekli Görüntü İşleme Bazlı Tanılama.....	215
Mamografik görüntüleme ve klinik bulgular	217
Mamografide bilgisayar destekli tanı sistemlerinin genel mimarisi	217
Görüntü İşleme ile Tümör Görüntüleme ve Tanılama İşlemleri/Uygulamaları	221
Anjiyografi Uygulaması.....	240
Kemik Ölçüm İşlemleri Uygulaması.....	257

13. BÖLÜM

RENKLİ GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN TEMELLERİ

Renk Biliminin Temel Bileşenleri	266
Rengin Fiziksel Boyutu	266
Rengin Algısal Boyutu	267
Renk Eşleme Deneyleri ve CIE XYZ Renk Modeli	267
Negatif renk eşleme değerlerinin yorumu	269
CIE XYZ renk modelinin geliştirilmesi	269
Renk Modelleri	271
Kırmızı-Yeşil-Mavi (KYM-RGB)	272
Renk-Saturasyon-Değer (HSV)	273
MATLAB İle Renkli Görüntü İşleme	277
HSV renk modeli (Hue-Saturation-Value): sezgisel renk uzayı	277
HSI renk modeli (Hue-Saturation-Intensity)	278
MATLAB'ta renkli görüntünün gösterimi: RGB görüntü matrisi ve kanal kavramı	278
MATLAB'ta RGB " HSV dönüşümü ve kanal bazlı görseller (H, S, V)	279
MATLAB İle Renkli Görüntü İşlemede Örnek Uygulamalar	280
Kontrast artırma: V (veya I/Y) bileşeni üzerinde histogram eşitleme	280
Uzamsal filtreleme (Spatial filtering): Düşük geçiren filtre ve Yüksek geçiren filtre uygulaması	281
Gürültü azaltma/giderme uygulaması	282
Kenar çıkarma uygulaması	283

Kaynakça	284
-----------------------	------------

1. BÖLÜM

MATLAB İLE BİYOMEDİKAL GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN TEMELLERİ

Görüntü Kavramı

Bu bölümde, görüntü kavramı üzerinde durulacak olup, temel görüntü gösterimi ve görüntülerle ilgili işlemler üzerine detaylı bilgiler verilecek ve standart görüntü türleri, formatları ve görüntü üzerine işlemler hakkında detaylara yer verilecektir.

Görüntü ve görüntü sistemlerine giriş

Dijital görüntü, hem mekansal (düzen) hem de yoğunluk (renk) bilgisine sahip verilerin ayrı bir temsili/sunumu olarak ele alınabilir. Görüntü, genel olarak sayısal bir matristen meydana gelmekle birlikte, bir görüntüyü çok boyutlu bir sinyal olarak da kabul edebilir ve ele alabiliriz.

İki boyutlu (2-B) ayrık, dijital görüntü bir dizi sabit konumdaki bir sensörün (veya basitçe bir ilgi değerinin) tepkisini 2-B Kartezyen koordinatlarda temsil eder ve genellikle ayrıklaştırma olarak adlandırılan bir örnekleme süreciyle 2-B sürekli bir uzaysal sinyalden türetilir. Ayrıklaştırma, belirli görüntüleme türlerinde doğal olarak meydana gelir ve temel olarak alıcı alanda küçük bir bölge üzerinde sürekli sinyalin yerel ortalamasını etkiler.

Ayrık görüntülerin matematiksel analizi bazı durumlarda daha iyi olan doğrusal cebirsel bir formülasyona yol açmaktadır. Görüntülerde pek çok zamanda bireysel piksel değerleri aslında gerçek 2 boyutlu uzaydaki bazı fiziksel tepkilere karşılık gelmektedir: Ancak, koordinatların fiziksel uzaydan başka bir şeye karşılık geldiği soyut uzaylardaki görüntüler de ele alınabilir ve ek olarak bir görüntü kavramsal olarak üç veya daha fazla boyuta da genişletilebilir. Örneğin, tıbbi görüntüleme uygulamaları bazen iç organların tam üç boyutlu (3-B) yeniden yapılandırılmasını ele alır ve bu tür görüntülerin zaman dizisi üç koordinatın uzamsal ve diğerinin zamana karşılık geldiği tek bir dört boyutlu (4-B) görüntü olarak ele alınabilir. 3-B görüntüleme ele alındığında genellikle görüntü tarafından temsil edilen uzamsal hacimler dikkate alınmaktadır. Bu durumda, bu tür 3 boyutlu