10. BÖLÜM / CHAPTER 10

TIPTA GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ

IMAGE PROCESSING METHODS IN MEDICINE

Murat GEZER*

*Dr., İstanbul Üniversitesi, Enformatik Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-mail: murat.gezer@istanbul.edu.tr

DOI: 10.26650/B/ET07.2021.003.10

ÖZ

Görüntü işleme, günümüzde birçok endüstride kullanılan ve bilgisayarında kullanılması ile gittikçe yaygınlaşmış olan alandır. Sağlık alanında bilgisayarların yaygın kullanılması sağlık enformatiği adı altında bilim dalının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. 19. Yüzyılın sonunda Wilhem Conrad Röntgeninin bir rastlantı ile X-ışınlarını keşfetmesi sonucunda görüntüleme sağlık alanında teşhis için kullanılan non-invazif muayene yöntemleri arasında yerini almıştır. Tıbbi görüntüleme sağlık sektöründe tanı koymak için yaygın şekilde kullanılan bir yöntemdir. Tıbbi görüntülemede kullanılmakta olan teknolojiler her geçen gün daha fazla gelişmektedir. Günümüzde elde edilen tüm görüntüler büyük veri depolama kapasitesine sahip bulutlarda saklanmakta ve hekimlerin karar süreçlerine yardımcı olmak için bilgisayarlar tarafından işlenmektedir. Görüntü işleme içerisinde matematik ve bilgisayar bilimini barındıran görüntünün elde edilmesi ile başlayan amacına uygun kullanılan farklı işlemlerden oluşan teknikler bütünüdür. Görüntünün elde edilmesi işlemi, ağırlıklı Elektromanyetik dalgalar ya da ses dalgalarından oluşan enerjinin detektör tarafından algılanması işlemidir. Tıbbi görüntü elde işlemine Bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans ve nükleer tıp örnek verilebilir. Görüntü işleme yöntemleri, görüntüleme cihazlarından elde edilmesi, görüntü zenginleştirme, filtreleme, restorasyonu, morfolojik işlemler, bölütleme, görüntü tanımlama, renkli görüntü ve görüntü sıkıştırma olarak adlandırılan adımlardan ibarettir. Tüm bu işlemler düşük, orta ve yüksek seviyeli işlemler olmak üzere üç ayrı grupta toplanmaktadır. Görüntü işlemede düşük ve orta seviyeli işlemler girdi olarak görüntü almakta ve çıktı olarak görüntü olmaktadır. Üst seviyeli işlemlerin girdisi görüntüdür ve çıktı olarak görüntünün özellikleri alınmaktadır. Görüntü işleme ile bilgisayarlı görü kavramları birbirleri için kullanılmaktadır. Bu bölümde sağlık enformatiğinde yaygın olarak kullanılan görüntüleme teknolojileri ve görüntü işleme teknikleri ve kavramları özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık enformatiği, görüntü restorasyonu, görüntü filtreleme, bölütleme

ABSTRACT

Image processing is a technique that is being continually used in many industries today. It has become increasingly common in computers. The widespread use of computers in health care has led to the emergence of a computer science branch under medical informatics. At the end of the 19th century, as Wilhem Conrad discovered x-rays by accident, imaging took its place among the non-invasive examination methods that are used for diagnosis in the health care field. Medical imaging is a widely used method for diagnosis in the health care industry. Technologies used in

medical imaging are increasingly being developed every day. Today, all images obtained are stored in clouds with large data storage capacity and processed by computers to assist physicians' decision processes. Image processing is a set of techniques comprising different methods used according to their purpose, starting with acquiring the image that includes mathematics and computer science. The process of obtaining the image is the process of detecting the energy consisting mainly of electromagnetic waves or sound waves by the detector. Computed tomography, magnetic resonance imaging, and nuclear medicine (PET) can be used as the examples of image acquisition in medicine. Image processing techniques, which are used to obtain the imaging device, image enhancement, filtering, restoration, morphological processing, segmentation, pattern recognition, comprise the steps referred to as color image and image compression. All these operations are categorized under three groups as low, medium, and high levels. Low- and medium-level processes in image processing take images as input and become images as output. The input of the higher-level processes is the image, and the attributes of the image are taken as the output. The concepts of image processing and computer vision are used for each other. This section summarizes the imaging technologies and image processing techniques along with the concepts that are widely used in health informatics.

Keywords: Health informatics, image restoration, image filtering, segmentation

1. Giriş

Günümüzde tıp ve sağlık sektöründe hızlı bir gelişim gözlenmektedir. Sağlık sektörü insanların yaşam kalitesiyle doğrudan ilişkili olarak hastalıkların tanı, önleme ve tedavisine odaklanmıştır. Bilgi teknolojilerinin yaygın olarak kullanıldığı günümüzde, bunların sağlık sektörüne katkıda bulunması kaçınılmazdır ve bu bakımdan sağlık sektörüne yönelik bilgi teknolojileri ile ilgili olarak sağlık enformatiği alanı ortaya çıkmıştır. Sağlık enformatiğinin kurucuları arasında olan Morris F Collen (1913-2014)'a göre: "Sağlık Enformatiği, bilgisayar, iletişim ve bilgi teknolojisi ve sistemlerinin tıbbi bakım, tıbbi eğitim ve tıbbi araştırma gibi tüm tıp alanlarına uygulanmasını inceleyen bilim dalıdır." Sağlık enformatiğinin bir alt dalı olan bilgisayarlı görü ve görüntü işleme alanı tıbbi görüntülemede kullanılmaktadır. Tanı konulmasında tıbbi görüntüleme sağlık sektöründe klinik uygulamalar açısından önemli bir araçtır. Her geçen gün tıbbi görüntüleme sayısı artmakta ve bu sayede birçok insan hızlı şekilde doğru teşhis için non-invazif muayene edilmektedir. Görüntü işleme, adından da anlaşılacağı üzere, bir görüntünün analiz ve dönüştürülmesi işlemidir. Günümüzde bu bilgisayarlar üzerinde kodlar vasıtası ile yapılabilir. Tıbbi alanda kullanılan modern görüntüleme, 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen'in, Almanya'nın Würzburg şehrinde bulunan Würzburg Üniversitesi Fizik kürsüsünde yapmış olduğu deneyler sonucunda X ışınımını keşfetmesi ile başlamıştır. Bu buluş 1895 yılında "Yeni bir tip ışınım hakkında" (Über eine neue Art von Strahlen) adlı yazı ile bilim dünyasına sunulmuştur (Röntgen, 1898). Çalışma ile X-ışınımı ile ilgili iki adet detaylı çalışma raporu yayınlanmış ve Röntgen tarafından deneylerde eşinin ve daha sonrasında Albert Kölliker'e ait el x-ışınım çekimi yapmıştır [Şekil 1] Bu çekimler daha sonraları "röntgen çekimi" olarak adlandırılmıştır. W.C. Röntgen bu buluşu için 1901

yılında Fizik alanında verilen Nobel ödülünü almıştır. Böylelikle tıbbi çalışmalar ve tedavi süreçleri için vücudun tamamının ya da belirli bölgelerinin iç yapılarının ve iç dokularının işlevlerini görünür hale getirme süreçleri ortaya çıkmıştır.

2. Görüntü

En basit haliyle tanımlanacak olursa, bir sayısal görüntü genellikle iki boyutlu olan ancak daha fazla boyut da içerebilen bir koordinat düzlemi üzerinde bulunan, her bir farklı noktaların bir tamsayı değer içeren yoğunluklar ile eşleyen fonksiyonlardır (Gonzales & Woods, 2018). Bu koordinat düzlemi içerisinde bulunan her bir noktaya görüntü elemanı anlamına gelen piksel (*pixel*) adı verilmektedir.

Yapılan bu tanım gri renk uzayı denilen siyah beyaz veya gri tonlamalı (gri seviyeli) olarak adlandırılan, beyazdan siyaha doğru değişik gri tonlamalar ile aktarılan, tek kanallı (düzlemli) görüntülerdir. Özel bir durum olarak renkler sadece 0 ve 1'lerden oluşursa bu görüntülere ikili (*binary*) görüntü adı verilir. Bu tanım farklı kanallar eklenerek genişletebilir böylelikle sayısal görüntü işlemede renk uzayı (*color space*) olarak adlandırılan gösterimler ortaya çıkar. Eğer bir önceki tanımda kullanıldığı gibi tek kanal yerine örneğin kırmızı (*Red*, R), yeşil (*Green*, G) ve mavi (*Blue*, B) renk kanallarını eklenirse bu durumda görüntüler renkli hale gelmektedir. Sayısal görüntü işlemede kırmızı, yeşil ve mavi kanallardan oluşan görüntüler “RGB renk uzayında görüntüler” olarak adlandırılmaktadır. RGB renk uzayındaki görüntüler insan gözünün algılamasına uygun olmamasına rağmen günümüz donanımlarında renk oluşumunu kolaylaştırdığı için yaygın şekilde kullanılmaktadır. Görüntü işlemede yaygın olarak kullanılan bir başka renk uzayı HSV'dir. Bu renk uzayın tanımlanmasının en önemli unsuru insan gözü ışığın baskın dalga boyuna tonu (*Hue*, H), rengin saflığına yani doygunluk değerine (*Saturation*, S) ve parlaklık değerine (*Value*, V) daha duyarlı olmasından dolayıdır. Yaygın olarak kullanılmakta olan bu üç renk uzayının dışında kullanım amaçlarına göre başka renk uzaylarında mevcuttur ve 1931 yılından itibaren Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (*Commission Internationale de l'éclairage*) tüm renk uzayları konusunda bir standartlaşma getirmiştir (Solomon & Breckon, 2019). Renk uzayları arasında dönüşümler yapılabilmektedir (Ford & Roberts, 1998). Örneğin RGB renk uzayındaki bir görüntünün gri renk uzayına dönüşümü

$$I_{gri}(x, y) = \alpha I_{RGB}(x, y, R) + \beta I_{RGB}(x, y, G) + \gamma I_{RGB}(x, y, B)$$

$$(\alpha = 02989, \beta = 05870, \gamma = 0121)$$

formülü ile verilmektedir. Burada α , β ve γ insan gözünün her bir renk kanalına karşı algısal tepkisine göre belirlenen ağırlık katsayılarıdır. İnsan gözünün kırmızı ve yeşil dalga boylarına daha hassas olmasından dolayı bu dalga boylarına ait ağırlık katsayı değerleri daha

yüksektir. Gri renk uzayı tek kanallı olmasından dolayı çok kanallı diğer renk uzaylarına ters dönüşümü yapılamamaktadır (Solomon & Breckon, 2011). Tıbbi görüntüleme, kullanılan yönteme bağlı olarak, genellikle tek kanallı olarak beyazdan siyaha uzanan gri tonlardan oluşmaktadır. Her görüntüleme yöntemi farklı enerji ve/veya farklı teknoloji ile görüntü oluşturduğundan, görüntülerdeki gri tonlamanın anlamı da kullanılan buna bağlı olarak göre değişmektedir.

Şekil 1. Solda Berta Röntgen'in el x-ışınım çekimi sağda Albert Kölliker'e ait x-ışınım çekimi yer almaktadır (Deutsche, 2020)

3. Görüntü İşleme

Günümüzde uzman hekimler tarafından tanı ve tedavide tıbbi görüntüleme çok yaygın bir araç olarak kullanılmaktadır. Görüntü işleme adı verilen alan birçok bilim alanında kullanılmakla birlikte yoğun şekilde enformatik, matematik, astronomi, fizik, bilgisayar bilimleri ve mühendislik disiplinleri içinde temel bir araştırma alanını oluşturmaktadır. Görüntü işleme; görüntüleme cihazları vasıtası ile ölçülmüş ya da kaydedilmiş olan sayısal görüntü verilerinin bilgi işleme gücüne sahip elektronik cihazlar vasıtası ile amaca (insan anlamlandırması) uygun şekilde değiştirmeye yönelik çalışmalardır (McAndrew, 2004).

Görüntünün üzerinde yapılan işlemler, görüntünün elde edilmesi ile başlayan ve sonunda anlamlı bilgi çıkarılmasına kadar birçok süreç ayrı ayrı veya birlikte kullanılmaktadır. Tüm bu süreçlerin gerçekleştirilmesinde sinyal işleme, matematik ve istatistik yöntemler bilgisayarlar vasıtasıyla sağlanmaktadır ve bu nedenle sayısal görüntü işleme yapılmaktadır. Bu süreçleri düşük, orta ve yüksek seviyeli işlemler olmak üzere üç ayrı grupta toplayabiliriz [Şekil 2]. Düşük seviye işlemler; görüntünün elde edilmesi ile başlayıp, görüntünün iyileştirilmesi aşamalarını (gürültü yok etme, kontrast geliştirme, keskinleştirme vb.) içerir. Bu seviyede görüntü girişi aşamasında verildikten sonra çıkış aşamasında tekrardan görüntü çıktısı alınmış olur. Görüntünün girdi olarak alınması ve özellik veya bölgelerin çıkarılması ile sonuçlanan 2. aşama olan orta seviyeli işlemler, görüntü üzerinde bulunan yapıların (örneğin organ, kemik, yağ kitlesi, tümör vb.) tanımlanması gibi işlemlerden oluşmaktadır. Yüksek seviye işlemler orta seviye aşamasında elde edilen bilgilerin bilişsel fonksiyonlar kullanılarak anlam kazanmasıdır. Bu seviyede genellikle bilgisayarlı görü yöntemleri olan makine öğrenmesi ve derin öğrenme kullanılarak sınıflandırma ve anlamlandırma yapılmaktadır. Literatür incelendiği zaman görüntü işleme, görüntü analizi ve bilgisayarlı görü kavramları birbiri ile karıştırıldığı ve görüş birliği olmadığı görülmektedir. Ancak genel kanı, görüntü işlemenin, girdi ve çıktının da görüntü olduğu bir süreç olması yönündedir. Bu açıdan bakıldığında görüntü işleme

- Görüntü elde etme
- Görüntü filtreleme ve zenginleştirme
- Görüntü yapılandırma (görüntü restorasyonu, görüntü yenileme)
- Görüntü dönüşümleri
- Morfolojik İşlemler
- Bölütleme (segmantasyon)

işlemlerinden oluşmakta ve özellik çıkarımı ve örüntü tanıma daha çok anlamaya yönelik olan bilgisayarlı görü adımı olarak kabul edilmektedir.

Tıbbi görüntü işleme ve bilgisayarlı görme işlemlerinin birlikte kullanıma örnek olarak Sohaib Najat Hasan tarafından İstanbul Üniversitesi Enformatik bölümü Yüksek Lisans tezinde gerçekleştirmiş olduğu dermatolojik görüntü bölütlemesi gösterilebilir (Hasan, 2019). Bu çalışmada Hasan önce görüntünün elde edilmesi işlemini gerçekleştirmiş ardından ve görüntü ön işleme adımları ile görüntü üzerinde filtre ve restorasyon çalışmaları yapmış ve görüntü üzerinde bölütleme gerçekleştirmiştir [Şekil 3]'te bu çalışmanın blok diyagramı bulunmaktadır.

Şekil 2. “Sayısal Medikal Görüntü İşleme” de kullanılan yöntemler. Kırmızı renkli kutular Girdi Görüntü çıktı Görüntü, Yeşil renkli kutular Girdi Görüntü çıktı Özellikler

Şekil 3. Dermatolojik görüntüde örnek bir “Lezyon Bölütleme Blok” diyagramı (Hasan , 2019)

3.1. Görüntünün Elde Edilmesi

Sağlık hizmetlerinde tanı koymak ve tedavi planlaması yapabilmek amacı ile görüntü elde etmek için hastaneler veya görüntüleme merkezlerinde birçok teknoloji kullanılmaktadır. Bu teknolojiler hastanın anatomik/yapısal durumu hakkında ya da fonksiyonel durumu hakkında bilgi edinebilmek için kullanılmaktadır. En yaygın tıbbi görüntü elde etme yöntemlerinde kullanılan enerji türleri elektromanyetik dalgalar (görünür dalga boyu, x-ışınları, gamma ışınları, radyo dalgaları) ve ses dalgalarıdır (Kaya, 2020;Tuncel, 2014). Görüntüler elde edildikten sonra depolama cihazlarına medikal görüntü ve iletim formatı olan *DICOM* (*digital imaging and communications in medicine* - tıpta sayısal görüntüleme ve iletişim) formatında kaydedilir. *DICOM* standardı tıbbi cihazlar ve sistemlerin birbirleriyle bağlanabilmesini kolaylaştırmak için tıbbi görüntüler ve görüntüyle ilgili bilgilerin formatlanmasının ve değiştirilmesinin yollarını tanımlar (Sağlık Bakanlığı, 2014).

Tablo 1. Tıbbi görüntüleme yöntemlerinin sınıflandırılması

3.1.1. X-İşınları

X-ışınları tıbbi görüntüleme yöntemlerinin en eski ve yaygın kullanılan yöntemidir. Bu ışınlar vücuttan geçme özelliğine sahip olmakla geçtikleri ortamların yoğunluğuna bağlı olarak değişime uğradıklarından ışınının toplandığı detektör olarak adlandırılmış olan algılayıcı-

larda vücudun iç yapısına ait görüntüleme elde edilmektedir (Bilgici vd., 2020). X-ışınımı ile elde edilen görüntüler gri tonlamalı şeklinde görüntülenmekte olan üç değişik doku derinliğini göstermektedir. Görüntünün içerisinde bulunan beyaz yapılar genel olarak kemikli ve kireçli yapıları göstermektedir. Gri tonlar yumuşak doku barındıran organ gibi yapıları göstermektedir. Siyah bölgeler ise içinde hava barındıran yapıları göstermektedir. Böylelikle yumuşak ve sert dokuların tespitinde yoğun olarak kullanılmaktadırlar; ancak aşırı kullanımı sağlık açısından zararlı olmaktadır. Bu yöntemleri kullanan yaygın cihazlar olarak Röntgen cihazları, Bilgisayarlı Tomografi, Mamografi ve Kemik Dansitometrisi gösterilebilir.

3.1.2. Görünür Dalga Boyu

İnsan gözünün algılama kapasitesine sahip olduğu elektromanyetik tayf aralığıdır. Görünür dalga boyunda çekilen görüntüler medikal görsel dokümantasyon amacıyla kullanıldığı gibi tanı amaçlı olarak ta kullanılmaktadır (Sertaç & Akça, 2017). Görünür dalga boyunda kullanılan görüntüleme araçlarına fotoğraf makinası, dermoskop, mikroskop örnek olarak gösterilebilir.

Şekil 4. Cilt inceleme için Dermoskop (Heine, 2020)

3.1.3. Gamma Işınları

Bir organın fonksiyonuyla bağlantılı bir kimyasal bileşen, radyonüklid diye adlandırılan gamma ışınımı yayan radyoaktif bir maddeyle işaretlenir. Radyoaktif işaretli bileşen genelde damardan verilir, bazı hallerde ağızdan verilir. Bu madde belirli organlarda, dokularda ve/veya hastalık sebebiyle değişikliğe uğramış yerlerde vücutta toplanır. Radyoaktif madde toplandığı yerde özel bir kamera tarafından algılanan ve bir resim şeklinde görüntülenebilen ışınlar saçar. Canlı dokuya zarar vermelerinden dolayı kontrollü kullanım gerekmektedir.

3.1.4. Radyo Dalgaları

Yapay olarak oluşturulmuş yüksek manyetik alanda, manyetik alanın etkisiyle dokulara ait hücre çekirdeklerinin manyetik yöne çevrilmesi ve üzerlerine gelen radyo dalgalarının dokunun türüne göre enerjinin emilmesi (absorbe) edilmesi sonucunda oluşan rezonans görüntüsünün alınması prensibine dayanmaktadır (Kaya, 2020). Bu yöntemi kullanan tıbbi cihaz olarak Manyetik Rezonans (MR) gösterilebilir. Bu yöntem genel olarak yumuşak doku görüntülemesinde kullanılmaktadır.

3.1.5. Ses Dalgaları

Yüksek frekanslı ses dalgalarının vücutta gönderilmesi ve sonucunda dönen yankıların algılayıcılar vasıtası ile toplanması sonucu elde edilen görüntülerdir. Ses dalgaları vücudun dokusuna bağlı olarak yutulmakta ya da geriye yansıtılmaktadır (Kaya, 2020). Ses dalgalarını kullanan Ultrason cihazında ses dalgalarının doku yüzeyinde ki farklı yansımaları kullanılmaktadır.

3.2. Görüntü Filtreleme ve İyileştirme Adımları

Görüntü elde edilmesi esnasında kullanılan teknolojiye ve hastaya bağlı olarak görüntünün kalitesini etkileyen faktörler oluşabilmektedir. Kalite kullanılan görüntüleme cihazına ait enerjinin şiddet ve yoğunluğu ile orantılı olarak artar. X-ışınımı ile çalışan teknolojilerde (Röntgen, BT) bu ışın dozu, radyo dalgalarında (manyetik rezonans görüntüleme, MRG) ve ses dalgalarında (ultrasonografi, US) ses sinyalinin şiddeti. Görüntünün kalitesi incelenen anatomik yapının elde edilmesi sonucu oluşan görüntünün çözünürlüğü, kontrast, kenar keskinliği, artefakt ve gürültü (*noise*) bileşenleri ile değerlendirilmektedir (Bulakbaşı, 2020; Ulzheimer&Raupach, 2014). Görüntünün kalitesinin düşüklüğü tanı konulması ve özellik çıkartmayı zorlaştıracığından, görüntü ve sinyal işleme yöntemleri ile görüntü bozan etkenleri mümkün olduğu kadar düzelterek kalitenin artması sağlanmaktadır. Görüntü İyileştirme teknikleri kullanılan görüntüleme teknolojisine bağlıdır. Örneğin kullanılan bir teknik MR görüntülerinde başarılı olabilirken US veya BT görüntülerde başarılı olmayabilmektedir. Tıbbi görüntülemede kullanılabilecek bazı görüntü iyileştirme teknikleri:

- Çözünürlük Artırma
- Kontrast Düzeltme
- Filtre Kullanımı

şeklinde sıralanabilir.

3.2.1. Çözünürlük (*Resolution*) Artırma

Çözünürlük görüntü içerisinde bulunan nokta sayısını ve en küçük yapıları ayırt edebilecek şekilde görüntüleyebilme özelliğidir. Çözünürlük kullanılan cihazın teknik kapasitesine bağlıdır ve üretici firmalar çözünürlük değerlerini vermektedir. Günümüzde görüntü çözünürlüğünü cihazdan bağımsız olarak algoritmalar ile artırmak için süper çözünürlük, enterpolasyon yöntemleri, dalgacık dönüşümleri ve sözlük tabanlı çözünürlük artırma yöntemleri bulunmaktadır (Luong, 2009; Liu vd. 2019; Jiang vd. 2018).

Şekil 5. Bilgisayarlı tomografi ile çekilmiş diş görüntülerinin seyrek gösterim ile çözünürlüğünün artırması çalışması (Jiang vd. 2018)

3.2.2. Kontrast Düzeltme

Kontrast, görüntüde üzerinde bulunan yapılar ile zemin arasındaki grin tonların parlaklık farkıdır. Siyah ve Beyaz renk değeri arasındaki tüm renk değerleri yoğunluk olarak adlandırılmaktadır. Tıbbi görüntülerde yapılar (doku, organ, lezyon) farklı parlaklıklara sahip olması tanı gerçekleştirmesinde çok önemli bir durumdur. Kontrast farkları kullanılan görüntüleme yöntemlerinde değişik konfigürasyonlar (örneğin X-ışının enerjisi, miktarı ve süresi) ile ortaya çıkarılabilir (Tuncel, 2014). Genellikle uzman hekimler belli ihtiyaçlar için uygun görüntüleme isteklerinde bulunur kemik X-ışınımı isteklerinde kemik ve arka plan ayrımı için geleneksel BT (*conventional CT*) isteğinde bulunurken daha yüksek çözünürlük için radyografi

tercih edilir. Ancak, çoğu durumda, kullanılabilir kontrast düşük olmaktadır. Bu bakımdan kontrast düzeltmeye ihtiyaç bulunmaktadır.

Histogram görüntüdeki piksellere ait gri ton seviye değerlerinin ağırlığını belirten grafiksel bir gösterimdir. Görüntü işlemede histogramlar kullanılarak resim daha belirgin hâle getirilebilir. Kontrast zenginleştirilmesi için kullanılan en çok kullanılan yöntem histogram eşitlemesidir (histogram equalisation). Histogram eşitleme, görüntü üzerinde tüm bölgelere uygulanabileceği (global histogram eşitleme) gibi sadece belli bir bölgesine (lokal histogram eşitleme) de uygulanmaktadır. Kontrast düzeltme için kullanılabilecek bir başka yöntemde görüntüdeki değerlerinin ağırlıklı ortalaması ve varyans özelliklerinden yararlanılır. Bu iki değer sırasıyla parlaklık ve kontrast hakkında bilgi vermektedir. Görüntüdeki pikseller sabit bir değer eklenerek ya da çıkarılarak parlaklık üzerinde ayar yapılmaktadır.

$$I^*(x, y) = I(x, y) + b$$

Bu denklemde I orijinal görüntü I^* parlaklık ayarı yapılmış görüntü (işlenmiş görüntü) ve b sabit bir sayıdır. Parlaklık, b 'nin durumuna göre artırılmış ($b > 0$) veya azaltılmış olur ($b < 0$). Görüntünün kontrastını düzenlemenin bir başka yolu görüntünün tümleyeni (negatifini) almaktır. Gri renk uzayı için,

$$I^*(x, y) = 255 - I(x, y)$$

Formülü kullanılabilir. Eğer görüntü ikili renk uzayında ise 255 yerine 1 değeri kullanılmaktadır.

3.2.3. Filtre Kullanımı

Tıbbi görüntülerde çekim esnasında oluşmuş olan gölgeler, belirgin olmayan kenarlar ve görüntü giderimi için filtreler kullanılmaktadır (Yasutomi vd., 2019; Bhardodiya & Gonsai, 2019; Jaybhay & Shastri, 2015). Görüntü işlemede filtreler özellikle görüntüler üzerinde bulunan gürültülerin giderimi için yumuşatma filtreleri, kenarları belirginleştirmek ve bulmak için keskinleştirme filtreleri kullanılmaktadır. Görüntü işlemede filtre işlemi bir $I(x, y)$ girdi görüntü fonksiyonu üzerinde amacına uygun bir $h(x, y)$ filtresi (maske) ile konvolüsyon yapılması sureti ile yapılır. Bu işlemin sonucunda $I^*(x, y)$ filtrelenmiş görüntü elde edilir (Jeong vd., 2011). Konvolüsyon işlemi; bir maskenin Şekil 6'da gösterildiği gibi görüntü üzerindeki bulunan komşu pikseller üzerinde kaydırma ve çarpma işleminin sonucu olarak tanımlanabilir.

Şekil 6. Konvolüsyon işlemi (Jeong vd., 2011)

$$I^*(x, y) = I(x, y) * h(x, y)$$

Maskeler, 3x3, 5x5 ya da 7x7 piksel boyutlu sayı matrisleri (*kernel*) şeklinde olmaktadır. Yüksek frekansları vurgulayan ve düşük frekansları bastıran filtreler yüksek geçirgen filtre (*highpass filter*) denir. Alçak frekansları vurgulayan filtreler alçak geçirgen filtre denmektedir. Yüksek geçirgen filtreler tıbbi görüntü üzerindeki açık gri ve koyu gri bölgelerdeki detaylar arasındaki farkı daha da belirginleştirir. Böylelikle yüksek geçirgen filtreler sayesinde kenar keskinlikleri artar ve detaylar orta çıkar. Alçak geçirgen filtreler (*low-pass filters*) açık ve koyu detaylar arasındaki ton farkını azaltarak görüntü oluşmuş olan kumlu, benekli görüntüyü yumuşatarak gürültüleri yok etmektedir. Hasan ve arkadaşları görüntü işleme ve filtreleme yöntemlerini kullanarak deri üzerindeki kılları kaldırma işlemleri Şekil 7’de [b]-[f] arası adımlarda gösterilmiştir (Hasan vd., 2019). Tıbbi görüntülerde yaygın olarak kullanılan filtreler Şekil 8’de gösterilmiştir.

Şekil 7. (a) Orijinal görüntü, (B) gri renk Ölçeğine çevrilmiş Görüntü (c) Gauss düzleştirme. (d) Canny filtresi. (E) Sobel Filtresi. (F) SOBEL ve CANNY farkı. (G) parlaklık ayarlaması. (h) Görüntü eşikleme (i) görüntü genişletme (Maske). (j) görüntü restorasyonu (Hasan vd. 2019)

Şekil 8. Görüntü işleme için yaygın kullanılan filtre çeşitleri

3.3. Görüntü Restorasyonu (Onarımı)

Görüntü restorasyonu, bir görüntünün oluşumu esnasında oluşmuş olan veri kaybını veya bozulmaları mümkün olduğu mertebede azaltmak, yok etmek ya da düzeltmek olarak tanımlanabilir. Görüntü restorasyonunu sağlamak için bozulma hakkında bilgi sahibi olunmalıdır. Bilgi sağlamak için Mekansal (uzamsal) Alan (domain) Teknikleri ve Frekans Alanı Teknikleri kullanılmaktadır. Onarım teknikleri olarak Dalgacık tabanlı, Fuzzy tabanlı ve iç boyama yöntemleri kullanılmaktadır.

3.4. Morfolojik İşlemler

Morfoloji, görüntünün şekilsel yapısına dayanan ve kümeler teorisi üzerine kurulmuş bir yaklaşımdır. Morfolojik işlemler aşındırma (*erosion*) ve genişletme (*dilation*) işlemleri olarak yapılmaktadır. Aşındırma ikili bir görüntüde bulunan nesnelerin boyutunu seçilen yapısal elemente bağlı olarak küçültürken, genişletme nesnenin alanını artırır.

3.5. Görüntü Bölütleme (Segmentasyon)

Görüntü iyileştirmeden farklı olarak görüntü bölütleme, görüntü analizi ile ilgili bir yüksek seviyeli problemdir. Bölütleme, medikal görüntüde yapıları daha iyi analiz edebilmek için anlamlı ve türdeş bölümlerden oluşan kümelere ayırma işlemidir. Kümeler içerisindeki benzer parlaklıklar görüntünün farklı bölgelerindeki aynı yapıları temsil etmektedir (Kızılkaya, 2008). Bölütleme için tüm görüntüleme yöntemlerine uygulanabilecek genel bir yöntem bulunmamaktadır. Bölütleme algoritmaları bir kısmı görüntü içerisindeki piksellerin gri seviye değerlerindeki süreksizlik (*discontinuity*) ve benzerlik (*similarity*) özelliklerine dayanmaktadır. Ancak, Histogram Tabanlı Eşikleme, Kümeleme / Sınıflandırma (*Clustering / Classification*), Graf Teorisi yaklaşımları gibi birçok bölütleme teknikleri bulunmaktadır. Son yıllarda tıbbi görüntülerde makine öğrenmesi algoritmalarından olan Evrişimsel sinir ağları temelli yöntemler yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu yaklaşımlara örnek olarak U-Net verilebilir (Ronneberger vd., 2015; Hasan, 2019, Hasan vd., 2019).

4. Tıbbi Görüntü Analiz Yazılımları

Tıbbi görüntüleri işleyebilen ve sonunda analiz edebilen yazılımlara tıbbi görüntü analizi yazılımı denmektedir. Bu yazılımlar ile hastalığın ilerlemesini değerlendirmek için değişik hastalar veya aynı hastanın değişik zamanlarda alınmış görüntüleri üzerinde karşılaştırma yapmak, tanıya yardımcı olacak yetenekler ile donatılmış olmaktadır. Ayrıca tıbbi görüntülerin kalitesinden ödün verilmeden orijinal olarak saklanması ve hızlı şekilde ulaşılmasını sağlayan PACS (*Picture Archiving and Communications Systems*) geliştirilmiştir. Bu sayede

görüntülerin film olarak taşınması engellenir ve görüntülerin maliyetleri ortadan kaldırılmış olmaktadır. Görüntüleme teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte, tıbbi görüntülerdeki klinik anomalileri bağımsız olarak tespit edebilen yazılımlar oluşturma çabası bilgisayarlı görü çalışmalarını hızlandırmıştır (Yıldırım & Arıöz, 2005).

5. Sonuç

Günümüzde görüntü işleme ile ilgili teknolojiler hızla gelişen ve dünya standartlarını önünde sürükleyen sistemlerin gelişmesini sağlamıştır. Tıbbi görüntüleme sağlık alanında en hızlı büyüyen alanlardan biridir. Son 50 yıl içinde, BT, MRG, ultrason ve nükleer tıp da dahil olmak görüntüleme yöntemleri ve cihazları gelişti. Tıbbi görüntüler oluşturmak için kullanılan donanım ve cihazlardaki gelişmelerin yanı sıra, bu görüntüleri işleyen farklı yazılım türleri ile büyük ilerleme kaydedilmiştir. Bu bölümde görüntüleme yöntemleri ve bu yöntemler ile elde edilen görüntülerde yapılan temel görüntü işleme teknikleri kavramları özetlenmiştir. Özellikle son yıllarda artan veri ve işlem gücü bu temel tekniklerin ötesinde yeni tekniklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Kaynakça / References

- Bharodiya, A. K., & Gonsai, A. M. (2019). An improved edge detection algorithm for X-Ray images based on the statistical range. *Heliyon*, 5(10), e02743. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02743>
- Bilgici Ceyhan, M., Başekim, C. Ç., Yazıcı, Z., Çakmakçı, H., Pabuşcu, Y., & Çoşkun, A. (2020, Mayıs 30.). Çocuklarda Bilgisayarlı Tomografi Ve Radyasyon Güvenliği. Retrieved from <https://www.turkrad.org.tr/assets/bilimsel-calisma/Doz-Brosur-MART-radyologlar.pdf>
- Bulakbaşı, N. (2020 Mayıs 29). Radyografik Kalite. Retrieved from <https://www.turkrad.org.tr/assets/kisokulusunumlar/3-radyografik-kalite.pdf>
- Deutsche Röntgen Museum, (2020 Mayıs 05), Wir feiern den 175. geburstag von Wilhelmn Conrad Röntgen (1845-1923). Retrieved from <https://roentgenmuseum.de/lebensgeschichte-wilhelm-conrad-roentgen/>
- Ford, A., & Roberts, A. (1998 August 11). *Colour Space Conversions*. 1998, 1–31. Retrieved from <https://poynton.ca/PDFs/coloureq.pdf>
- Gonzales, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing* (Fourth). Pearson Education Limited.
- Güler T. S., & Akça T. (2017). Tıbbi Fotoğrafçılık : Tarihsel Süreç ve Temel Kavramlar [Medical Photography: Historical Development and Basic Concepts]. *Turk J Dermatol* 2017;11:98-108. <https://doi.org/10.4274/tdd>.
- Hasan, S. N. (2019). *Derin Öğrenme Yöntemleri ile Cilt lezyon Bölütlemesi* (Master Thesis). Retrieved from https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=FgmKGchPKo23qQqBeqzVZs1tRdiQC0LbUr-1ZpuIz0R3v4Or_z8s8Zgh4mNiF48H
- Hasan, S. N., Gezer, M., Azeez, R. A., & Gulsecen, S. (2019). *Skin Lesion Segmentation by using Deep Learning Techniques*. 2019 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO), 1–4. <https://doi.org/10.1109/TIPTEKNO.2019.8895078>
- Heine Deeltaone Dermatoscope (2020, Haziran 15). Heine Deeltaone Dermatoscope [Web Log Post]. Retrieved from <https://www.heine.com/en/products/dermatoscopes-and-digital-documentation/dermatoscopes/detail/99957-heine-deltaone-dermatoscope>
- Jaybhay, J., & Shastri, R. (2015). A Study of Speckle Noise Reduction Filters. *Signal & Image Processing : An International Journal*, 6(3), 71–80. <https://doi.org/10.5121/sipij.2015.6306>

- Jeong, W. K., Pfister, H., & Fatica, M. (2011). Medical image processing using GPU-accelerated ITK image filters. İçinde *GPU Computing Gems Emerald Edition*. NVIDIA Corporation and Wen-mei W. Hwu. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384988-5.00046-2>
- Jiang, C., Zhang, Q., Fan, R., & Hu, Z. (2018). Super-resolution CT Image Reconstruction Based on Dictionary Learning and Sparse Representation. *Scientific Reports*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27261-z>
- Kaya, T. (2020, Mayıs, 20). *Tıp Öğrencileri için Temel Radyoloji Fiziği*. Retrieved from http://www.tumrad.net/FileUpload/ds58732/File/radyolojifizigi_tamer_kaya.pdf
- Kızılkaya, A. (2008). *Görüntü Bölütleme*. Retrieved from http://akizilkaya.pamukkale.edu.tr/Bölüm4_goruntu_isleme.pdf
- Liu, H., Guo, Q., Wang, G., Gupta, B. B., & Zhang, C. (2019). Medical image resolution enhancement for healthcare using nonlocal self-similarity and low-rank prior. *Multimedia Tools and Applications*, 78(7), 9033–9050. <https://doi.org/10.1007/s11042-017-5277-6>
- Luong, Q. H. (2009). *Advanced Image and Video Resolution Enhancement Techniques (Doctoral dissertation)*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/a559/0e325ef1aca832072c1df2f666b21cff7741.pdf>
- McAndrew, A. (2004). *An Introduction to Digital Image Processing with Matlab*. Retrieved from <http://www.math.hkbu.edu.hk/~zeng/Teaching/math3615/ls.pdf>
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. İçinde *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (C. 9351, ss. 234–241). https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Röntgen, W. C. (1898). Ueber eine neue Art von Strahlen. *Annalen der Physik*, 300(1), 12–17. <https://doi.org/10.1002/andp.18983000103>
- Sağlık Bakanlığı. (2014). *DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine - Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim)*.
- Solomon, C., & Breckon, T. (2011). *Fundamentals of Digital Image Processing (First)*. Wiley-Blackwell.
- Tuncel, E. (2014). *Radyoloji Ders Notları*. Retrieved from http://www.anadoluisagligi.com/img/file_1579.pdf
- Ulzheimer, S., & Raupach, R. (2014). *Bilgisayarlı tomografide görüntü kalitesi*. Siemens İnvasyon, 4–7.
- Yasutomi, S., Arakaki, T., & Hamamoto, R. (2019). *Shadow Detection for Ultrasound Images Using Unlabeled Data and Synthetic Shadows*. 2–5. <http://arxiv.org/abs/1908.01439>
- Yıldırım, P., & Arıöz, U. (2005). PACS (Picture Archiving and Communications System) Analizi. 2. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi, 153–159.