

ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ULTRASONOGRAFİDE KARACİĞER YAĞLANMASININ NİCEL
OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sevil Toprak

Fen Bilimleri Enstitüsü

Nisan, 2019

ANKARA

ULTRASONOGRAFİDE KARACİĞER YAĞLANMASININ NİCEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi

Sevil Toprak

Nisan, 2019

ANKARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ SONUÇ FORMU

SEVİL TOPRAK tarafından DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖMER KARAL yönetiminde hazırlanan “ULTRASONOGRAFİDE KARACİĞER YAĞLANMASININ NİCEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Ömer KARAL

Yönetici

Dr. Öğr. Üyesi Osman Serdar GEDİK

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi. Cemal KOÇAK

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ergün ERASLAN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK BEYAN

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre hazırlanan bu tez çalışmasında,

- Tüm veriler, bilgiler ve belgelerin akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiğini,
- Tüm bilgiler, belgeler ve değerlendirmelerin bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğunu,
- Kullanılan tüm materyallerin tamamen belirtildiğini ve referans gösterildiğini,
- Kullanılan materyaller üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadığını,
- Sunulan tüm çalışmanın orijinal olduğunu,

beyan eder ve yukarıdaki ifadelerin aksine herhangi bir durum olduğunda, tüm yasal haklarımdan vazgeçmeyi kabul edeceğimi bildiririm.

Tarih: 22.04.2019

İmza:

İsim & Soyisim: Sevil TOPRAK

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana destek olan değerli danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Ömer KARAL'a teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve hiçbir zaman desteğini esirgemeyen sevgili aileme de sonsuz teşekkürler.

2019, 22 Nisan

Sevil TOPRAK



QUANTITATIVE EVALUATION OF FATTY LIVER IN ULTRASONOGRAPHY

ABSTRACT

Nowadays, fatty liver is one of the common encountered liver diseases. In addition to imaging techniques such as ultrasound, computed tomography, magnetic resonance imaging, biopsy and blood tests are used in the diagnosis and follow-up of this disease. While technology continues to evolve in various areas, it is still preferable to diagnose diseases with low-cost, easily accessible, fast and non-invasive methods. Ultrasonography is the most commonly used method for the detection and follow-up of liver fat. Ultrasound is a method that is easily accessible, low cost and has no known harm in human health. Although ultrasound imaging method is used frequently to detect fatty liver, there is always a need for an expert opinion to diagnose the disease using ultrasound images. The expert gradates fatty liver by evaluating the findings in the ultrasound images. However, the evaluation of this liver fatty tissue by experts on ultrasound images may cause different interpretations at different times. In other words, the level of fatty liver can be interpreted to be different from the previous one. The aim of this thesis is to propose a mathematical method that can assist the expert and support the expert opinion in objective detection of fatty liver from ultrasound image. Thus, with the quantitative result obtained from the proposed method, the patient can be given more objective information and the expert can be provide convenience to evaluate the ultrasound images at different times.

Keywords: Digital image processing, fatty liver, steatosis, ultrasound image processing

ULTRASONOGRAFİDE KARACİĞER YAĞLANMASININ NİCEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Karaciğer yağlanması günümüzde sıkça karşılaşılan hastalıklarından bir tanesidir. Bu hastalığın teşhis ve takibinde ultrason, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme gibi görüntüleme tekniklerinin yanısıra biyopsi ve kan testleri de kullanılmaktadır. Çeşitli alanlarda teknoloji gelişmeye devam ederken, hastalıkların teşhisinde, hâlâ maliyeti düşük, kolay erişilebilir, hızlı ve invaziv olmayan yöntemler öncelikli olarak tercih edilmektedir. Karaciğer yağlanması tespit ve takibinde ise en çok kullanılan yöntem ultrason görüntüleme yöntemidir. Ultrason kolay ulaşılabilen, düşük maliyetli ve insan sağlığı açısından bilinen zararı olmayan bir yöntemdir. Ultrason görüntüleme yöntemi karaciğer yağlanması tespitinde oldukça sık kullanılmasına rağmen ultrason görüntülerini kullanarak hastalığı teşhis etmek için her zaman bir uzman görüşüne ihtiyaç duyulmaktadır. Uzman, karaciğer yağlanmasını, ultrason görüntülerindeki bulguları değerlendirerek derecelendirmektedir. Ancak, ultrason görüntüleri üzerinde uzman tarafından yapılan bu karaciğer yağlanması ilişkin değerlendirme farklı zamanlarda farklı yorumlara sebep olabilmektedir. Bir diğer ifadeyle, karaciğer yağlanma seviyesinin bir öncekine göre farklı seviyede olduğu yönünde (subjektif) yorum yapabilmektedir. Bu tezin amacı, ultrason görüntüsünden karaciğer yağlanması objektif olarak tespit edilmesinde uzman görüşünü destekleyen ve uzmana yardımcı olabilecek matematiksel bir yöntem önermektir. Böylece önerilen yöntem ile elde edilen nicel sonuç sayesinde hem hastaya daha objektif bilgi verilebilecek, hem de ultrason görüntülerinin farklı zamanlarda değerlendirilmesinde uzmana kolaylık sağlanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Dijital görüntü işleme, karaciğer yağlanması, yağlı karaciğer, ultrason görüntülerinde imge işleme

İÇİNDEKİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ SONUÇ FORMU	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ABSTRACT	vi
ÖZ	vi
TERMİNOLOJİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
BÖLÜM 1 - GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Literatürdeki Yeri	2
1.2 Çalışmanın Literatüre Katkısı	4
1.3 Tezin Amacı	5
1.4 Tezin Bölümleri	5
BÖLÜM 2 – MEDİKAL GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİNE GENEL BİR BAKIŞ	7
2.1 Manyetik Rezonans Görüntüleme	8
2.2 Bilgisayarlı Tomografi	10
2.3 Ultrasonografi	10
BÖLÜM 3 – SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME	13
3.1 Dijital (Sayısal) Görüntü İşleme	13
3.2 Histogram	16
3.3 Benek (Speckle) Gürültüsü ve Wiener Filtresi	16
BÖLÜM 4 – AĞIRLIKLANDIRILMIŞ HİSTOGRAM (WH) VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ (GRA)	19
4.1 Ağırlıklandırılmış Histogram (WH).....	19
4.2 Gri ilişkisel Analiz (GRA)	21
BÖLÜM 5 - KARACİĞER YAĞLANMASININ AĞIRLIKLANDIRILMIŞ HİSTOGRAM İLE BELİRLENMESİ	25
BÖLÜM 6 – SONUÇ	31
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ	39

TERMİNOLOJİ

Kısaltmalar

NAYKH	Non-Alkolik Yağlı Karaciğer Hastalığı
NASH	Non-Alkolik steatohepatit
AST	Aspartat Aminotransferaz
ALT	Alanin Aminotransferaz
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
BT	Bilgisayarlı Tomografi
GRA	Grey Relational Analysis - Gri İlişkisel Analiz
SVM	Support Vector Machine - Destek Vektör Makineleri
GLCM	Grey-Level Co-Occurrence Matrix – Gri İlişkisel Katsayı Matrisi
SOM	Self-Organizing Maps - Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar
KNN	K-nearest neighbor- K-En Yakın Komşu
WH	Weighted Histogram - Ağırlıklandırılmış Histogram
ROI	Region of Interest - İlgi Bölgesi
WPT	Wavelet Packet Transform - Dalgacık Paket Dönüşümü

Semboller

Δ	Delta – Fark matrisi
ξ	GRA katsayısı
γ	GRA derecesi
Γ	GRA mutlak fark
μ	Ortalama
σ^2	Varyans
v^2	Gürültü varyansı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 MRG in-faz (a) ve out-faz (b) görüntüleri - 1.....	8
Şekil 2.2 MRG in-faz (a) ve out-faz (b) görüntüleri - 2.....	9
Şekil 2.3 MRG in-faz (a) ve out-faz (b) görüntüleri - 3.....	9
Şekil 2.4 BT yöntemiyle elde edilen normal karaciğer (a), yağlı karaciğer (b)	10
Şekil 2.5 Ultrason ile elde edilen normal karaciğer (a), yağlı karaciğer (b)	11
Şekil 3.1 Dijital görüntü elde etme örneği	13
Şekil 3.2 İkili görüntü örneği	14
Şekil 3.3 Gri seviyeli görüntü örneği	14
Şekil 3.4 Renkli görüntü örneği (a) ve R (b), G (c), B (d) kanalları	15
Şekil 3.5 Ultrason görüntüsü	17
Şekil 3.6 Ultrason görüntüsüne ait histogram grafiği	17
Şekil 3.7 Benek gürültüsü bulunan ultrason görüntüsü	18
Şekil 3.8 Wiener filtresinden geçirilen benek gürültüsüne sahip ultrason görüntüsü	18
Şekil 4.1 Blok diyagram	22
Şekil 5.1 Farklı seviyelerdeki yağlı karaciğerin histogram grafiği	26
Şekil 5.2 Normal karaciğer, WH = 1.97, GRA = 28.15	27
Şekil 5.3 Az seviyede yağlı karaciğer, WH = 16.32, GRA = 34.1	27
Şekil 5.4 Orta seviyede yağlı karaciğer, WH = 39.29, GRA = 36.6	28
Şekil 5.5 Aşırı seviyede karaciğer, WH = 45.97, GRA = 37.8	29
Şekil 5.6 WH = 12.11, GRA = 21.45 [53]	30
Şekil 5.7 WH = 64.85, GRA = 39.1 [53]	30

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte insan yaşam kalitesini artırmak için medikal alanda bilgisayar destekli teşhis sistemlerinin avantajlarından faydalanılmaktadır. Bilgisayar destekli teşhis, özellikle ultrason, manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleme yöntemlerinde sıklıkla uygulanmaktadır. Yukarıda bahsi geçen görüntüleme yöntemleri ile elde edilen görüntülere elektronik ortamda gelişmiş algoritmalar uygulanmakta ve hastalık teşhisine yönelik hassas değerlendirmeler yapılabilmektedir. Böylece, hastalık teşhis edilebilir ve doktorun hastaya uygulayacağı tedavi konusunda izlenecek adımlar belirlenmiş olur. Bu süreç, hastaya doğru bir tedavi uygulanması için doktor ve hasta açısından oldukça önemlidir.

Bu tezde, günümüzde oldukça fazla karşılaşılan hastalıklardan birisi olan karaciğer yağlanması tespit edilmesinde kullanılmak üzere, karaciğerin ultrason ile elde edilen görüntüler üzerinde nicel bir sonuç üreten bilgisayar destekli bir yöntem geliştirilmiştir. Ultrasonun insan sağlığına bilinen olumsuz bir etkisi olmaması, kolay ulaşılır, maliyeti düşük ve hızlı bir görüntüleme tekniği olması önerilen yöntemi değerli kılmaktadır. Karaciğer yağlanması erken teşhis edilirse basit tedaviler uygulanarak ilerlemesi engellenebilir. Bununla birlikte bu hastalık tedavi edilmezse ileriki aşamaları siroz ve kansere neden olabilir.

Karaciğer yağlanması, karaciğerde bulunan yağ birikiminin artmasıdır. Bu yağlanma, karaciğerin ağırlığının %5'den fazlasının yağ olması durumu olarak tanımlanmaktadır [1]. Karaciğerde bulunan yağ miktarı arttıkça, karaciğer hacminin artması, iltihap oluşması gibi yapısal değişiklikler meydana gelmektedir. Karaciğer yağlanmasının obezite, diyabet, kandaki yüksek seviyede bulunan yağlar, kullanılan bazı ilaçların yan etkileri, alkol gibi çeşitli sebepleri vardır. Alkol kaynaklı karaciğer yağlanmasına alkolik yağlanma denir. Alkol dışı sebeplerden oluşan yağlanma ise Alkolik Olmayan Yağlı Karaciğer Hastalığı (Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: NAYKH) olarak adlandırılır. NAYKH ise basit yağlanma ve Alkolik Olmayan Steatohepatit (Non-

Alcoholic Steatohepatitis: NASH) olarak ikiye ayrılır. NASH'da karaciğerdeki yağlanmaya ek olarak hücrelerde bozulma ve iltihap gibi alkolik karaciğer yağlanmasındakine benzer bir durum meydana gelir. NASH'ların ileriki aşamaları siroza neden olabilmektedir [2-5]. Yapılan araştırmalarda NAYKH'nın obezite, insülin direnci, dislipidemi (kolesterol yüksekliği), ateroskleroz (atardamarın intima tabakasında yağ birikmesi) ve koroner kalp rahatsızlıkları ile ilişkili olduğu görülmektedir [6-9,14].

Karaciğer yağlanması genellikle başka hastalıklar için yapılan rutin tetkiklerde ortaya çıkmaktadır. Örneğin kan testlerindeki AST ve ALT miktarının yüksek olması veya çeşitli görüntüleme yöntemleriyle karaciğerin etrafındaki organların incelenmesi sırasında karaciğer hacminin büyümesinin tespit edilmesiyle farkedilir. MRG, BT gibi radyolojik görüntüleme yöntemleri karaciğer yağlanmasının belirlenmesinde kullanılırlar. Ancak, yağlı karaciğer tanısının konulmasında kullanılan en yaygın yöntem ultrasonografidir. BT ve MRG'nin tanı için duyarlılığı daha yüksek olmasına karşın ultrason kadar sık kullanılmamaktadır. Çünkü MRG'nin pahalı bir yöntem olması, BT'nin de zararının fazla olması ultrasonografiyi daha elverişli kılmıştır. Karaciğer yağlanmasında yağlanma seviyesinin belirlenebilmesi için subjektif bir yöntem olarak uzman görüşüne ihtiyaç duyulur. Karaciğer yağlanması temel olarak Seviye-1 (az yağlı), Seviye-2 (orta derecede yağlı) ve Seviye-3 (aşırı yağlı) olmak üzere üç seviyede değerlendirilir. Bu seviyelerin belirlenmesi için ultrason görüntüleri üzerinde radyolog tarafından derecelendirme için anlamlı bulgular takip edilerek öznel bir yargıya varılır. Uzman kendi bilgi ve görsel algısını kullanarak yağlanma hakkında bir yorumda bulunur. Derecelendirmeyle ilgili karar verme aşamasında incelenen bulgular ilerleyen bölümlerde ayrıntılarıyla anlatılmıştır.

1.1 Çalışmanın Literatürdeki Yeri

Son yıllarda, ultrason görüntülerinden yağlı karaciğer ve karaciğer hastalıklarını değerlendirme üzerine yapılan çalışmada artış görülmektedir. Bu çalışmaların çoğunda doku analizi yaklaşımından faydalanılmıştır. Doku analizi yaklaşımında, genellikle, piksellere dayanan Gri İlişkisel Katsayı Matrisi (Grey-Level Co-Occurrence: GLCM [61,62]) veya spektrale dayanan yöntemler kullanılır. Söz konusu

yöntemler kullanılarak karaciğer ultrason görüntüsü üzerinden belirli öznitelikler elde edilir. Elde edilen öznitelikler KNN [63], SVM [10,12,63], SOM [15], yapay sinir ağları [13] gibi sınıflandırıcılara verilir ve karaciğer ultrason görüntülerinden karaciğerin yağlı, yağsız, hastalıklı, hastalıksız gibi sınıflandırılabilmesi sağlanır.

Owjimer ve ark. karaciğer ultrason görüntülerini yağlı, normal ve heterojen şeklinde sınıflandırabilmek amacıyla her bir karaciğer ultrason görüntüsüne dalgacık paket dönüşümü (wavelet packet transform: WPT) uygulamış ve görüntülere ilişkin istatistiksel özellikler (öznitelikler) elde etmişlerdir. Elde edilen bu öznitelikleri Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine - SVM) ve K-En Yakın Komşu (K-nearest neighbor - KNN) sınıflandırıcılarında kullanarak performanslarını karşılaştırmışlar ve en iyi sonucu ortalama %97.9 doğrulukla SVM yönteminden elde etmişlerdir [10].

Virmani ve ark. karaciğer ultrason görüntülerini normal, sirozlu ve HCC (hepatoselüler karsinomu [11]) olarak ayırtabilmek amacıyla WPT dönüşümü ile öznitelikleri çıkarmışlar ve SVM yöntemi ile sınıflandırma yapmışlar ve %88.8 doğruluk oranı elde etmişlerdir [12].

Santos ve ark. karaciğer ultrason görüntülerinden yağlı karaciğeri sınıflandırabilmek için karaciğer görüntüsü üzerinde doku analizi, karaciğer ve böbrek arasındaki ekojenite farkı ve karaciğer parankiminin zayıflaması yaklaşımlarını birarada kullanan yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntem ile yapay sinir ağları yöntemi (YSA) karşılaştırılmış ve önerilen yöntemin YSA'dan daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Yani, YSA kullanılarak 0,77 doğruluk oranı elde edilirken önerilen yöntemde bu oran 0.79 olarak hesaplanmıştır [13].

Mukherjee ve ark. karaciğer ultrason görüntülerinde, tek biçimli dokusal özellik tanımlayıcıları matrisini elde etmiş ve bu matrise SOM yöntemini uygulayarak tanımlayıcı öznitelik vektörlerini (maksimum olasılık ve tekdüzellik) elde etmişlerdir. Bu vektörler, iki boyutlu SOM uzayında eğitilerek normal ve yağlı karaciğer ultrason görüntülerine ait grafikler üst üste çizdirilerek neredeyse hiç çakışma olmayacak şekilde normal ve yağlı karaciğer ultrason görüntülerini iki kümeye ayırabilmişlerdir [15].

Andrade ve ark. yağlı ve normal karaciğeri ultrason görüntülerinden tanımak için GLRLM, GLCM ve fraktal boyut gibi çeşitli dokusal analiz modelleriyle öz nitelik çıkarıp, SVM, K-NN ve yapay sinir ağlarına uygulamışlardır. Sonuç olarak SVM’de %79.77, K-NN’de %74.05 ve yapay sinir ağlarında ise %76.92 doğruluk oranını elde etmişlerdir [63].

Yukarıda değinilen yöntemlerin tamamı karaciğer ultrason görüntülerinde yağlı karaciğeri tespit etmek için geliştirilmiştir. Diğer bir ifadeyle karaciğer ultrason görüntülerinde sağlıklı/hasta karaciğer veya normal/yağlı karaciğer ayrımı üzerine odaklanılmıştır. Bu çalışmada yukarıdakilerden farklı olarak karaciğerdeki yağlanma oranının bir indeksle hesaplanması amaçlanmıştır.

Yapılan literatür taramasında, ultrason görüntüleri kullanılarak karaciğer yağlanması için kantitatif derecelendirme ilk defa İçer ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada görülmüştür [16]. Bu çalışmada yağlı karaciğer ultrason görüntülerinden yağlanma derecesini belirlemek için karaciğer ve böbrek üzerinden anlamlı bölgeler (ROI) seçilmiş ve derecelendirme yapılmıştır. Burada, karşılaştırma yapmak için referans olarak böbrek seçilmiştir. Kantitatif yağlı karaciğer derecelerine ek olarak, klinik doktorlar tarafından belirlenen teşhis sonuçlarına göre de tatmin edici sınıflandırma sonuçları elde etmişlerdir.

1.2 Çalışmanın Literatüre Katkısı

Karaciğerde yağlanma varsa ultrasonda görüntülenebilen diğer organlara göre daha parlak görünümündedir yani ekojenitesi daha yüksektir. Ultrason görüntülerinden karaciğer yağlanması tespit edilirken ekojenite farklılığı temel alınır. Ancak ekojenitenin ölçülmesi için standart bir yöntem olmadığından farklı bir dokunun ekojenitesiyle karşılaştırılarak ölçüm yapılır [16, 48]. Bu çalışmada, İçer ve ark. ile yaptığı çalışmadan farklı olarak, yeni bir yöntem (ağırlandırılmış histogram) geliştirilmiş ve geliştirilen bu yöntem böbrek yerine kas dokusu referans alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Daha önceki çalışmalardaki gibi böbrek üzerinden bölge seçiminin tercih edilmemesinin nedeni ise böbreğin eksik veya hastalıklı olma ihtimalidir. Dolayısıyla bu anlamda literature yeni bir katkı sağlanmaktadır.

Önerilen yöntem aynı zamanda subjektif değerlendirmenin etkilerini azaltarak uzmana yardımcı olacak ve yağlı karaciğer hastalığının ilerleyişini ve iyileşmesini incelemek için kantitatif değerlendirmeye imkan sağlayacaktır. Karaciğer yağlanması derecelendirilmesinde non-invaziv bir yöntemle nicel bir değer üretmek bu çalışmayı anlamlı kılmaktadır.

1.3 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, karaciğer yağlanmasının ultrason görüntülerinden tespitinde öznel uzman değerlendirmesinin etkilerini azaltarak uzmana yardımcı olabilmesi için nicel değerlendirmeye imkan sağlayan matematiksel bir sonuç üretmektir. Böylece, uzmana karaciğer yağlanmasının derecelendirmesi konusunda yardımcı olunması hedeflenmektedir. Ayrıca hastalığın takibi yapılırken hastalara uygulanan ilaç tedavisi, diyet, düzenli egzersiz gibi yöntemlerin hastalık üzerinde etkisi de gözlemlenebilecektir. Normalde radyoloğun sadece Seviye-1, Seviye-2 veya Seviye-3 olarak nitelendirdiği yağlanma seviyesi, ultrason görüntülerine MATLAB kullanılarak geliştirilen bir arayüz sayesinde kolayca uygulanabilecek ve böylece matematiksel bir sonuç/yüzde elde edilebilecektir. Bu sonuç sayesinde de hastalığın takibi yapılırken, bir önceki muayeneye göre oluşan farklılık hastaya iletilebilecektir.

1.4 Tezin Bölümleri

Sunulan tezin devam eden bölümü şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2’de, karaciğer yağlanmasının tespit edilmesinde kullanılan medikal görüntüleme yöntemleri ve kan testindeki enzimlerin yağlanma açısından değerlendirilmesi hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca bu görüntüleme tekniklerinden faydalanılarak karaciğer yağlanmasındaki seviyelere ilişkin görsel örnekler paylaşılmıştır.

Bölüm 3’te, görüntü işleme kısaca anlatılmıştır

Bölüm 4’te geliştirilen yönteme ve karşılaştırma yapılacak yönteme ilişkin ayrıntılara yer verilmiştir. ve önerilen yöntemle karşılaştırılacak GRA metodunun ayrıntılarına yer verilmiştir.

Bölüm 5'te, önerilen Ağırlıklandırılmış Histogram (Weighted Histogram - WH) yönteminin ultrason görüntülerine uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar paylaşılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bölüm 5 son bölümdür ve tezden elde edilen sonuç ve bulgular verilmiştir.



BÖLÜM 2

MEDİKAL GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Karaciğer yağlanması varlığı, ya kanda bulunan belirli enzimlerin (AST ve ALT gibi) artışıyla, ya karaciğer hacminin artmasıyla ya da başka bir hastalık için yapılan rutin tetkiklerde ortaya çıkabilir. Örneğin böbrek taşı hastalarının tetkiklerinde hacmi artan karaciğerin tespit edilmesiyle yağlanmadan şüphelenilir ve yağlanmayı tespit etmeye yönelik işlemler yapılır [17-18]. Hastalık teşhis edildikten sonra ilerleme-gerileme durumunun takibi için ise ultrason, MRG, BT gibi bilgisayar destekli görüntüleme sistemleri ile kan testleri ve biyopsi kullanılır.

Kanda bulunan AST ve ALT enzimlerinin miktarının referans değerden yüksek olması durumunda karaciğer yağlanmasından şüphelenilir. Bu enzim değerlerinin oranı karaciğer yağlanması hakkında kesin bir yargıya varmamız için yeterli değildir. Çünkü bazı durumlarda AST ve ALT enzimlerinin salınımı karaciğer yağlanmasından bağımsız olarak artabilir. Yine aynı şekilde enzimlerin normal seviyede olması karaciğer yağlanması yoktur gibi bir sonuç çıkarmamız için de yeterli değildir [19]. Kanda bulunan bu enzimlerin yüksek olmasının tespiti ile birlikte hastada karaciğer yağlanmasının olup olmadığını teşhis etmek üzere başka tetkikler yapılır. Bu tetkikler sonucunda da karaciğer yağlanmasına ait bulgular tespit edilirse hastaya karaciğer yağlanması teşhisi konulur [20].

Karaciğer yağlanması biyopsi yapılarak tespit edilebilir. Ancak biyopsi cerrahi bir operasyondur. Doğruluk oranı yüksek olmasına karşı alınan dokunun hastalığın araştırılması için gerekli bulgulara sahip olamama olasılığının olması durumunda işlemin tekrarlanması gereksinimi bulunan ve cerrahi işlem sırasında komplikasyonların oluşabileceği bir yöntemdir. Ayrıca karaciğere uygulanacak biyopsi invaziv bir işlem olduğundan istisnai durumlar için düşünülmelidir. Örneğin ileri yaş, diyabet, AST/ALT oranının çok yüksek olması gibi durumlar için biyopsi yapılması düşünülebilir [21]. Bundan dolayı, karaciğer yağlanmasının teşhis ve

takibinde genellikle aşağıda ayrıntıları verilen medikal görüntüleme yöntemleri kullanılırlar.

2.1 Manyetik Rezonans Görüntüleme

MRG vücudumuzdaki hidrojen atomlarının salınım frekanslarındaki farklılıklar düşünülerek geliştirilmiş bir görüntüleme yöntemidir. MRG’de manyetik alan oluşturularak insan vücudunda bulunan atomların uyarılması sağlanır. Yoğunluk ve hareket farklılıklarına göre de bir görüntü elde edilir. MRG’de radyasyon kullanılmaz. Ancak manyetik alan kullanıldığı için kalp pili veya vücudunda manyetik alanı etkileyebilecek ya da manyetik alandan etkilenebilecek bir cisim (protez, implant gibi) bulunan hastalarda MRG kullanılamaz. Ek olarak MRG hem maliyeti yüksek hem de erişim konusunda sıkıntı yaşanan bir yöntemdir [22-26].

Karaciğer yağlanması MRG *dual-echo* yöntemiyle elde edilen örnekleri sırasıyla Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’te görülmektedir. Şekil 2.1’de hafif karaciğer yağlanması, Şekil 2.2’de orta seviyede karaciğer yağlanması ve Şekil 2.3’te yüksek seviyede karaciğer yağlanmasına ait görüntüler paylaşılmıştır [27].

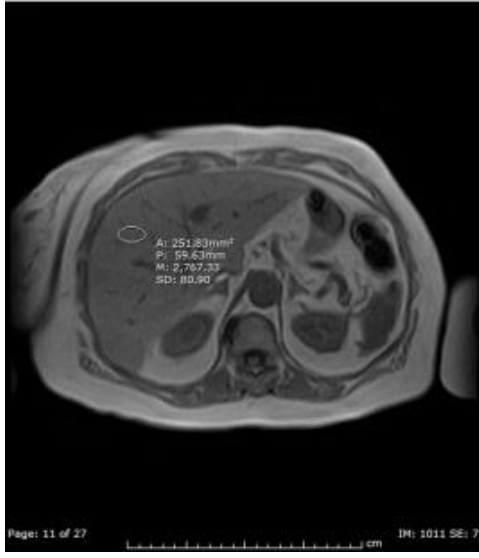


(a)

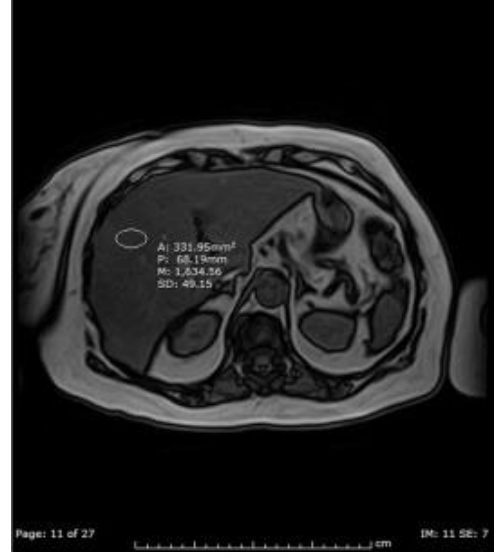


(b)

Şekil 2.1 MRG’nin in-faz (a) ve out-faz (b) görüntüleri - 1

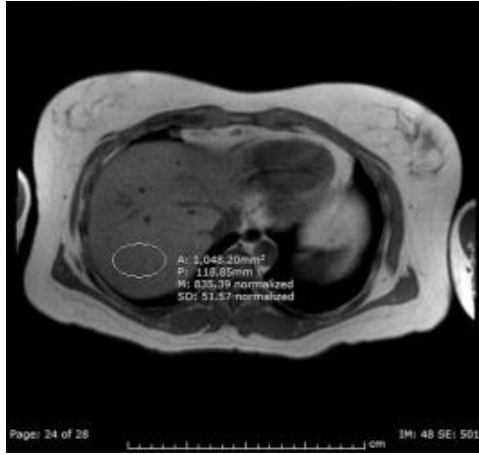


(a)

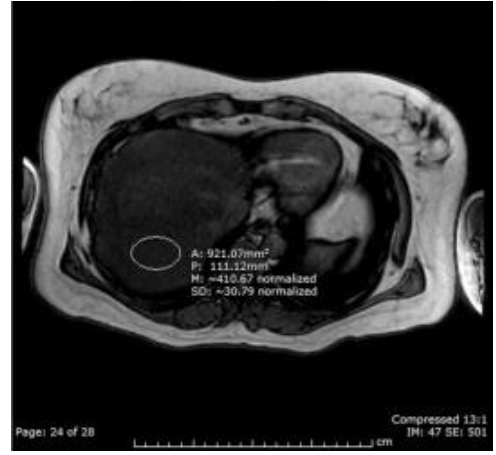


(b)

Şekil 2.2 MRG'nin in-faz (a) ve out-faz (b) görüntüleri – 2



(a)



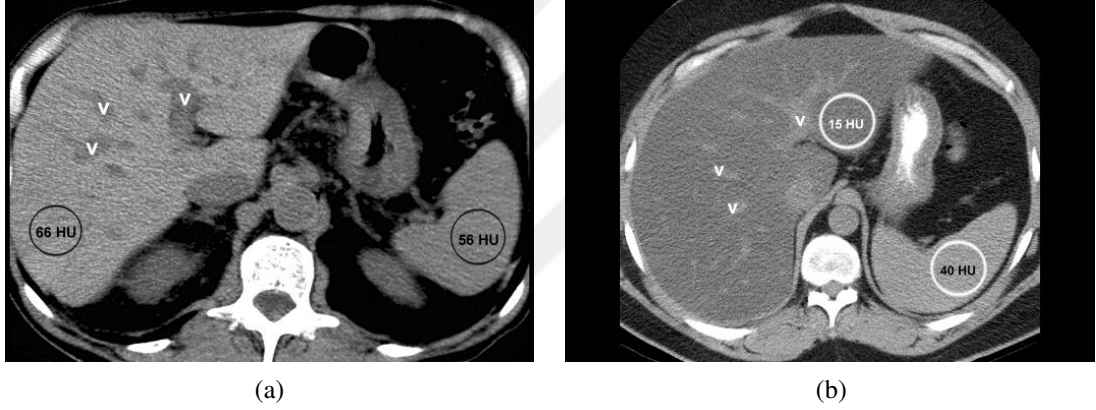
(b)

Şekil 2.3 MRG'nin in-faz (a) ve out-faz (b) görüntüleri – 3

2.2 Bilgisayarlı Tomografi

BT x-ışını kullanılarak, incelenen bölgedeki dokuların kesitsel görüntüsünü oluşturmak için kullanılan radyolojik bir görüntüleme yöntemidir. BT ile dokuların ışını soğurma derecesine göre bir görüntü elde edilir. BT’de hastalar radyasyona maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle kullanımı özellikle çocuk ve hamilelerde uygun değildir. Ayrıca bazı durumlarda damar yoluyla kontrast madde verilmesi gerekebilir. Bu da BT’yi invaziv bir görüntüleme yöntemi haline getirebilmektedir [24, 25, 28].

Karaciğer yağlanması BT yöntemiyle elde edilen örnekleri Şekil 2.4’te görülmektedir.



Şekil 2.4 BT yöntemiyle elde edilen normal karaciğer (a), yağlı karaciğer (b) [31]

2.3 Ultrasonografi

Ultrasonografide görüntü elde edilirken yüksek frekanstaki ses dalgaları kullanılır. Ses dalgalarının incelenen bölgedeki farklı yansımalarına bağlı olarak görüntü oluşturulur. Ultrason zararlı ışınlar içermez, ucuzdur ve kolay erişilebilirdir. Bu nedenle karaciğer yağlanması tespiti ve takibinde diğer yöntemlere kıyasla en sık kullanılan görüntüleme yöntemidir [24, 28-30].

Karaciğer yağlanması ultrasonografi yöntemiyle elde edilen örnekleri Şekil 2.5’te görülmektedir.



Şekil 2.5 Ultrason ile elde edilen normal karaciğer (a), yağlı karaciğer (b) [31]

Radyologlar ultrasondan karaciğer yağlanması karaciğerin ekojenite artışını gözlemleyerek tespit ederler. Ekojenite, ultrason görüntüleme tekniğinde kullanılan, ses dalgalarının yansıması sonucu oluşan yankılardır. Ses dalgasının gönderildiği bölgede ekojenite fazlaysa o alan ultrason görüntüsünde daha beyaz görünür [32]. Normalde karaciğer ekojenitesi böbrek ekojenitesinden daha azdır veya eşittir. Ancak bu durum radyoloğun bakış açısıyla değişebilir veya böbrekte bulunan bir hastalık da karaciğerle olan ekojenite karşılaştırmasında doğru sonuca ulaşmamızı engeller [33].

Karaciğer yağlanması Seviye-1, Seviye-2 ve Seviye-3 olmak üzere üç farklı seviyede değerlendirilir [16]. Bu seviyeler ultrason görüntülerinden tespit edilirken çeşitli bulgular dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Örneğin çeşitli damarların veya diyaframın ultrason görüntülerinde görünmesi, karaciğer ekojenitesinin böbrek ile karşılaştırılması gibi bulgular incelenerek derecelendirme yapılmaktadır [52].

- Seviye-1’de hafif derecede yayılmış ekojenite artışı bulunmaktadır ancak diyafram ve intrahepatik damarların duvarları normal görünümündedir. Ayrıca karaciğer ekojenitesi böbreğin ekojenitesi ile aynıdır.
- Seviye-2’de orta derecede ekojenite artışı bulunmaktadır. Diyafram ve intrahepatik damarların duvarlarının görüntüsünde hafif derecede silinme vardır.
- Seviye-3’te yüksek seviyede ekojenite artışı mevcuttur. Diyafram ve intrahepatik damarların duvarları görünmez.

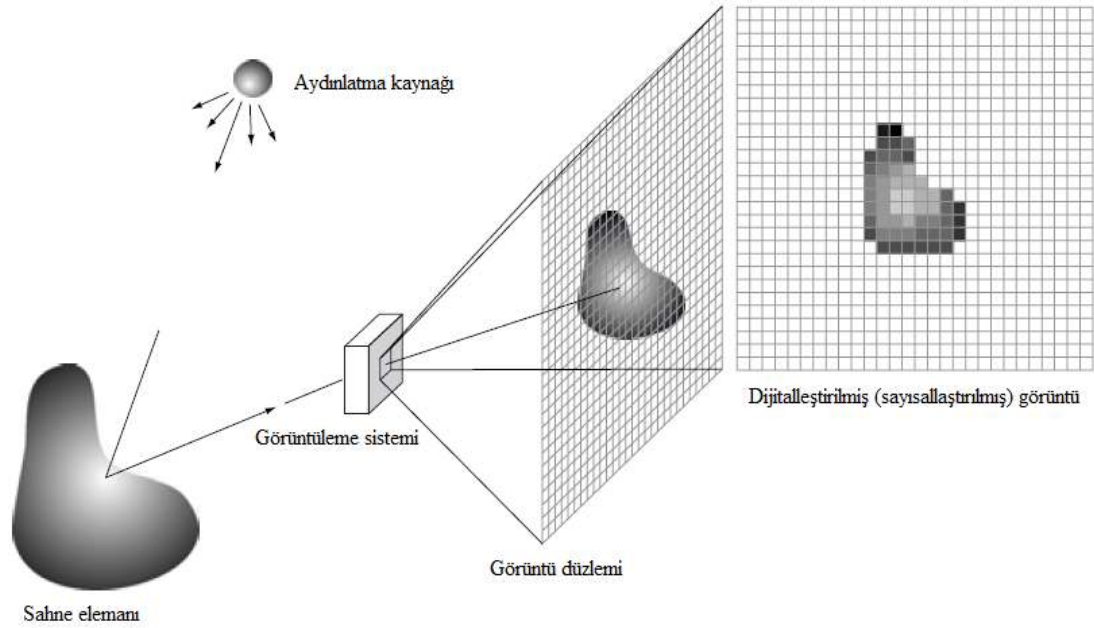
Hastanın hangi seviyede karaciğer yağlanmasına sahip olduğunun derecelendirmesi yapılırken üstte verilen bulguların yanı sıra bir uzman görüşüne de ihtiyaç duyulmaktadır. Yağlanma seviyeleri arasında belirgin farklılıklar olmadığı için görüntüler uzmanlar açısından yeterli olmayabilir. Örneğin birbirine yakın bulguların bulunduğu bir ultrason görüntüsünde Seviye-1 derecesindeki yağlanmaya Seviye-2 yorumu yapılabilir. Bu karmaşanın sebebi, uzmanın yorumlama yaparken herhangi bir sayısal veriye sahip olmamasıdır. Ayrıca fark fazla olmadığından aynı uzman aynı görüntüyü farklı zamanlarda değerlendirdiğinde önceki yorumundan farklı bir görüş sunabilir. Aynı şekilde karaciğer yağlanmasına sahip bir hastanın hastalık takibi yapılırken ilerleme/gerileme durumunun ölçülmesinde de uzman zorluklar yaşayabilir. Bir hasta belirli bir süre boyunca diyet, ilaç, egzersiz gibi çeşitli yöntemlerle hastalığa karşı önlem almak ve tedavi uygulamak istediğinde sonucu net olarak göremeyebilir. Arada çok küçük farklılıklar olduysa uzman çok belirgin farklar görmediği için hastalığı aynı seviyede değerlendirebilir. Bu durum da hastanın psikolojisi açısından faydalı olmaz. Ultrason görüntüleme yöntemi karaciğer yağlanması tespit edilirken en çok tercih edilen yöntem olmasına rağmen kullanımı aşamasında yukarıda bahsedilen zorluklara sahiptir.

BÖLÜM 3

SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

3.1 Dijital (Sayısal) Görüntü İşleme

Görüntü, herhangi bir nesnenin, bir kişinin veya kamera gibi bir optik cihaz tarafından üretilen bir sahnenin görsel temsidir. Görüntü iki boyutludur (2B) ve üç boyutlu (3B) sahne veya nesnenin sonsuz sayıda gösteriminden birisine karşılık gelir. Dijital (sayısal) görüntü ise genellikle resim öğeleri, kabuklar veya pikseller olarak adlandırılan sınırlı sayıda noktayı kullanan iki boyutlu bir görüntünün temsidir. Görüntüler sayısal ortama aktarılır. Dijital görüntünün elde edilmesi Şekil 3.1’de gösterilmiştir [43]. Dijital resimdeki her piksel bir veya daha fazla sayısal değerle

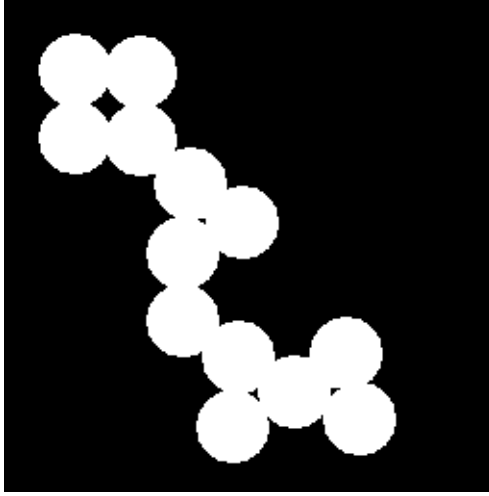


Şekil 3.1 Dijital görüntü elde etme örneği [43]

temsil edilir. Tek değerle ifade edilen görüntüler sadece 0 veya 1 değerini alıyorsa bunlara ikili görüntü denir. 0 siyahı 1 ise beyazı temsil etmektedir. İkili görüntü 1 bit'tir ve sadece $2^1 = 2$ farklı değer alabilir. Şekil 3.2’de örnek görüntü verilmiştir. Tek değerle ifade edilen görüntüler 0 ile 255 aralığında bir değer alıyorsa bu şekilde elde edilen görüntülere ise gri seviyeli görüntüler denir. Gri seviyeli görüntüler 8 bit'tir ve

her bir piksel $2^8 = 256$ farklı değer alabilir. 0 ile 255 aralığında 0 siyahı, 255 ise beyazı temsil etmektedir. Aradaki değerler ise siyahtan beyaza farklı tondaki renklerin sayısal değerleridir. Şekil 3.3'te örnek görüntü verilmiştir.

Renkli görüntülerin pikselleri birden fazla değerle ifade edilir. Her piksel için üç farklı değer kullanılır. Bu değerler kırmızı (R), yeşil (G) ve mavi (B) renkleri temsil eder. Şekil 3.4'te renkli görüntüye ait R, G, B görüntüleri ayrı ayrı verilmiştir ve bu üç matrisin birleşiminden elde edilen renkli görüntü de gösterilmiştir. Renkli görüntüler 24 bit'tir ve R, G, B kanallarının her biri 8 bit ile ifade edilen gri seviyeli görüntülerdir. Renkli görüntüler R, G, B kanallarının üst üste getirilmesiyle elde edilen piksellerden oluşur. Gri seviyeli görüntüler $2^8 = 256$ farklı renk aralığında olabilirken renkli görüntüler $2^8 * 2^8 * 2^8 = 16.777.216$ farklı renge sahip olabilir. Renkli bir görüntü R, G, B kanallarına ayrılabilir. Ayrıca renkli görüntüler gri seviyeli görüntülere dönüştürülebilir.



Şekil 3.2 İkili görüntü örneği



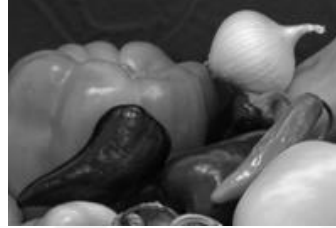
Şekil 3.3 Gri seviyeli görüntü örneği



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.4 Renkli görüntü örneği (a) ve R (b), G (c), B (d) kanalları

Dijital görüntü işleme, görüntünün dijital formata dönüştürülmesi ve amaca uygun şekilde değişiklikler yapılarak anlamlı bilgiler çıkarmak için kullanılmaktadır. Günümüzde görüntü işleme teknikleri mühendislik, tıp, uzay bilimleri, güvenlik, coğrafya gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Dijital görüntü işleme teknikleri kullanarak karmaşık algoritmalar basit sorunlara uygulanarak insan yaşamını kolaylaştıracak sonuçlar elde edilir.

Dijital görüntü işleme seviyesi üçe ayrılabilir [51].

- Düşük seviye: Gürültü azaltma, kontrast arttırma gibi ilkel işlemler
- Orta seviye: Kenarların çıkarılması gibi öznitelik çıkarma işlemleri
- Yüksek seviye: Bir sahnenin içeriğinin analizi ve yorum gibi karmaşık işlemler

Dijital görüntü işleme temel olarak üç adımda gerçekleşir. Öncelikle dijital görüntü elde edilir. Daha sonra üstte belirtilen seviyelerde işleme tekniklerinden birisi kullanılarak görüntü işlenir. Son olarak da ilgilenilen sorun için anlamlı bilgiler içeren bir görüntü elde edilir.

Dijital görüntü işleme sonrasında elde edilen sonuçlarla sınıflandıma, görüntü tanıma, öznitelik çıkarımı, görüntü iyileştirme, görünmesi zor nesnelerin görünmesi, anlamlı

görüntüyü bulma gibi sorunlara çözüm bulunur. Hatta elde edilen çözümler başka bir problemin çözümünde de kullanılabilir.

Bu tezde özellikle tıp alanında kullanılan görüntüleme tekniklerinden olan ultrason kullanılarak elde edilen dijital görüntüler işlenerek karaciğer yağlanması için sayısal bir sonuç üretilmiştir.

3.2 Histogram

Histogram bir imgede bulunan piksellerin matematiksel olarak renk değerlerine göre sınıflandırılmasıdır. Bir görüntüde bulunan piksel yoğunluğudur da denilebilir [43].

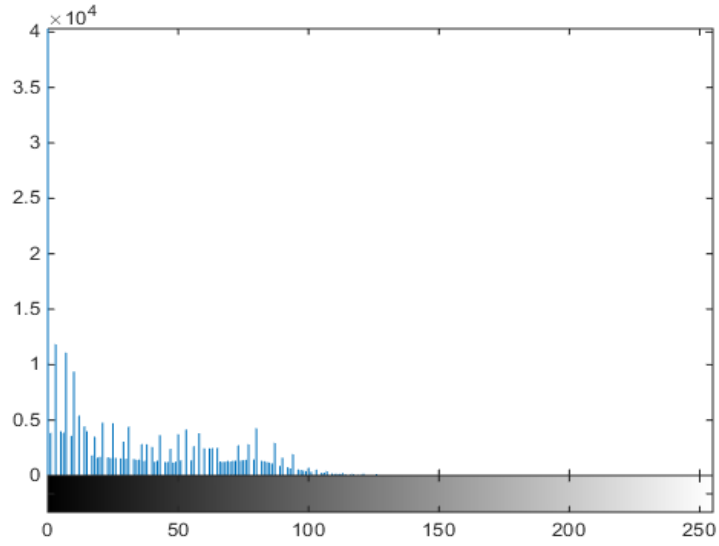
Şekil 3.5'te görülen ultrason görüntüsünün histogramı hesaplanmış ve Şekil 3.6'da görülen sonuç elde edilmiştir. Kullanılan ultrason görüntüsünün boyutu 1024x768 pikseldir. Buradaki imgedeki toplam piksel sayısı 786.432'dir ve histogram grafiğinin sol tarafından bulunan değerlerin toplamıdır. Elde edilen histogram grafiğinin altında bulunan sayılar ise pikselleri ifade etmektedir ve 0'dan 255'e kadar değer almaktadır. Histogramı alınan ilgili görüntüde siyah piksellerin sayısının yaklaşık 4×10^4 olduğu bilgisine ulaşabiliyoruz. Aynı zamanda histogram grafiğinden ultrason görüntüsünde 0 ve 100 değerine sahip piksellerin (siyaha yakın) ağırlıkta olduğu yorumu da yapılabilir.

3.3 Benek (Speckle) Gürültüsü ve Wiener Filtresi

Benek gürültüsü, medikal görüntülerin elde edilmesi sırasında oluşmaktadır. Ultrason görüntülerinde gürültü ses dalgalarını göndermek için kullanılan prob'un görüntü alınmak istenen bölgeyle doğru şekilde temas etmemesi, hava boşluğunun kalması gibi nedenlerle oluşur [46, 47]. Ultrason görüntülerindeki gürültüyü gidermek için çeşitli dalgacık tabanlı yaklaşımlar [54-57], çok ölçekli bayes yöntemi [58], uyarlanabilir ağırlıklı medyan filtre [59], Wiener filtresi [60] gibi yöntemler kullanılır. Bu çalışmada ultrason görüntülerinde oluşan benek gürültüsünün etkisini ortadan kaldırmak için Wiener filtresi tercih edilmiştir. Ultrason görüntülerinde Wiener filtresinin benek gürültüsü üzerindeki etkisi Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Ultrason görüntüsü



Şekil 3.6 Ultrason görüntüsüne ait histogram grafiği

Wiener filtresinin kullanımına ilişkin almıtmaya ait denklemler aşığıda verilmiştir [49].

$$\mu = \frac{1}{NM} \sum_{n_1, n_2 \in n} a(n_1, n_2) \quad (3.1)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{NM} \sum_{n_1, n_2 \in n} a^2(n_1, n_2) - \mu^2 \quad (3.2)$$

Her bir pikselin çevresinde yerel ortalama Denklem 3.1 kullanılarak hesaplanır. Buradaki a imgeye, n imgedeki piksel değerine, n_1 ve n_2 ise o pikselin konumlarına karşılık gelmektedir. N ve M imgenin boyutudur. μ ise yerel ortalamadır. Her bir piksel etrafındaki varyans değeri ise Denklem 3.2 ile hesaplanır. Denklem 3.1 ve Denklem 3.2’de hesaplanan yerel ortalama ve varyans kullanılarak Wiener filtreleme eşitliği Denklem 3.3’te oluşturulur.

$$b(n_1, n_2) = \mu + \frac{\sigma^2 - v^2}{\sigma^2} (a(n_1, n_2) - \mu) \quad (3.3)$$

Burada v^2 gürültü varyansıdır.



Şekil 3.7 Benek gürültüsü bulunan ultrason görüntüsü



Şekil 3.8 Wiener filtresinden geçirilen benek gürültüsüne sahip ultrason görüntüsü

Şekil 3.7’de verilen ultrason görüntüsü benek gürültüsüne sahiptir. Verilen bu görüntü Wiener filtresinden geçirilerek Şekil 3.8’deki görüntü elde edilmiştir. Şekil 3.8’de benek gürültüsünün azaldığı görülmektedir.

BÖLÜM 4

AĞIRLIKLANDIRILMIŞ HİSTOGRAM (WH) VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ (GRA)

Bu çalışmada mevcut ultrason görüntülerinden karaciğer yağlanmasını indeks verecek şekilde tespit edebilmek için Ağırlıklandırılmış Histogram (Weighted Histogram: WH) Yöntemi geliştirilmiştir. Ayrıca, karaciğer yağlanmasının ultrason görüntülerinden nicel tespitinde literatürde kullanılan Gri ilişkisel Analiz (GRA) yöntemi ile de karşılaştırması yapılmıştır.

4.1 Ağırlıklandırılmış Histogram (WH)

Diğer medikal görüntü işleme çalışmalarında da olduğu gibi ultrason görüntülerinde de görüntünün tamamı değil sadece değerlendirme açısından anlam ifade edecek bölgeler radyolog tarafından seçilir [16]. Seçilen bölgelerin histogramları alınır. Elde edilen histogramlar beyaz piksellere daha fazla ağırlık verilerek tekrar hesaplanır ve böylece ağırlıklandırılmış yeni histogramlar elde edilir. Ağırlıklandırılmış histogramlar elde edilirken ultrason görüntüleme tekniğinde yağlı karaciğerin ekojenitesinin yüksek olması, yani görüntüde karaciğerin daha beyaz görünmesi durumu dikkate alınmıştır. Böylece değerlendirme açısından önemli olan beyaz renge daha yakın olan piksellere fazla ağırlık verilerek bir sonuç üretilmiştir [47, 54]. Ayrıca radyolog için anlam ifade eden bölgelerin seçimini kolaylaştırmak için MATLAB GUI kullanılarak bir arayüz geliştirilmiştir. Geliştirilen bu arayüz ile uzman, yağlanmanın değerlendirilmesi için, anlamlı olan bölgeleri seçtikten sonra hesaplama butonuna bastığında sonuçlar hızlı bir şekilde hesaplanır ve ekranda bir sonuç görüntülenir. Böylece, radyolog, anında öğrenilebilecek bu sonuç sayesinde kendi görüşünü destekler nitelikte bir nicel değere sahip olur.

Geliştirilen WH ile karaciğer yağlanmasının tespitini sağlayan algoritma altı adımdan oluşmaktadır ve bu adımlar aşağıda maddeler halinde anlatılmıştır.

1.Adım: Ultrason görüntüsü üzerinden karın kası bölgesinden referans olarak kullanılmak üzere bir alan seçilir. Seçilen referans bölgenin boyutu $n \times m$ pikseldir ($n=20, m=20$). Referans imgenin matrisi Denklem 4.1’de ifade edilmektedir.

$$R = \begin{bmatrix} r_{(1,1)} & r_{(1,2)} & \cdots & r_{(1,m)} \\ r_{(2,1)} & r_{(2,2)} & \cdots & r_{(2,m)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{(n,1)} & r_{(n,2)} & \cdots & r_{(n,m)} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

2.Adım: Ultrason görüntüsü üzerindeki karaciğere ait bölgeden karşılaştırma yapılmak üzere k tane alan seçilir. Seçilen karşılaştırma alanlarının boyutu $n \times m$ pikseldir ($n=20, m=20, k=3$). Karşılaştırma imgelerinin matrisleri Denklem 4.2’de ifade edilmektedir.

$$C_k = \begin{bmatrix} c_{(1,1)} & c_{(1,2)} & \cdots & c_{(1,m)} \\ c_{(2,1)} & c_{(2,2)} & \cdots & c_{(2,m)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{(n,1)} & c_{(n,2)} & \cdots & c_{(n,m)} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

3.Adım: Benek gürültüsünü kaldırmak için seçilen dört alan üzerine benek filtresi uygulanır. Kullanılan yöntemin adımları Denklem 3.1, Denklem 3.2 ve Denklem 3.3’te açıklanmıştır.

4.Adım: Seçilen bölgelerin histogramı aşağıda verilen algoritma ile hesaplanır. Elde edilen diziler Denklem 4.3 ve Denklem 4.4’te ifade edilmiştir. Elde edilen dizilerin boyutları 1×256 ’dır ($t=256$). Denklem 4.3’teki I değeri 1’den k ’ye kadardır ($n = 20, m = 20, k=3$ ve $i = 1, 2, \dots, k$).

Histogram hesaplanırken kullanılan algoritma aşağıdaki gibidir.

for i = 1 to n:

for j = 1 to m:

histogram[görüntü(i, j)] = histogram[görüntü(i, j)] + 1;

end

end

Yukarıdaki adımlar uygulandığında bir görüntüdeki histogram dizisine erişilir. Referans ve karşılaştırılacak bölgelere ait histogram dizileri aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$R_h = [r_{(1,1)} \ r_{(1,2)} \ r_{(1,3)} \ \dots \ r_{(1,t)}] \quad (4.3)$$

$$C_{h'} = [c_{(1,1)} \ c_{(1,2)} \ c_{(1,3)} \ \dots \ c_{(1,t)}] \quad (4.4)$$

5.Adım: Denklem 4.5 ve Denklem 4.6'da histogramlar beyaz piksellere ağırlık verilerek tekrar hesaplanır ve yeni bir histogram elde edilir.

$$R_{wh} = \sum_{t=0}^{255} \sum_{\alpha=0}^{255} R_h(t) * \alpha \quad (4.5)$$

$$C_{wh'} = \sum_{t=0}^{255} \sum_{\alpha=0}^{255} C_{h'}(t) * \alpha \quad (4.6)$$

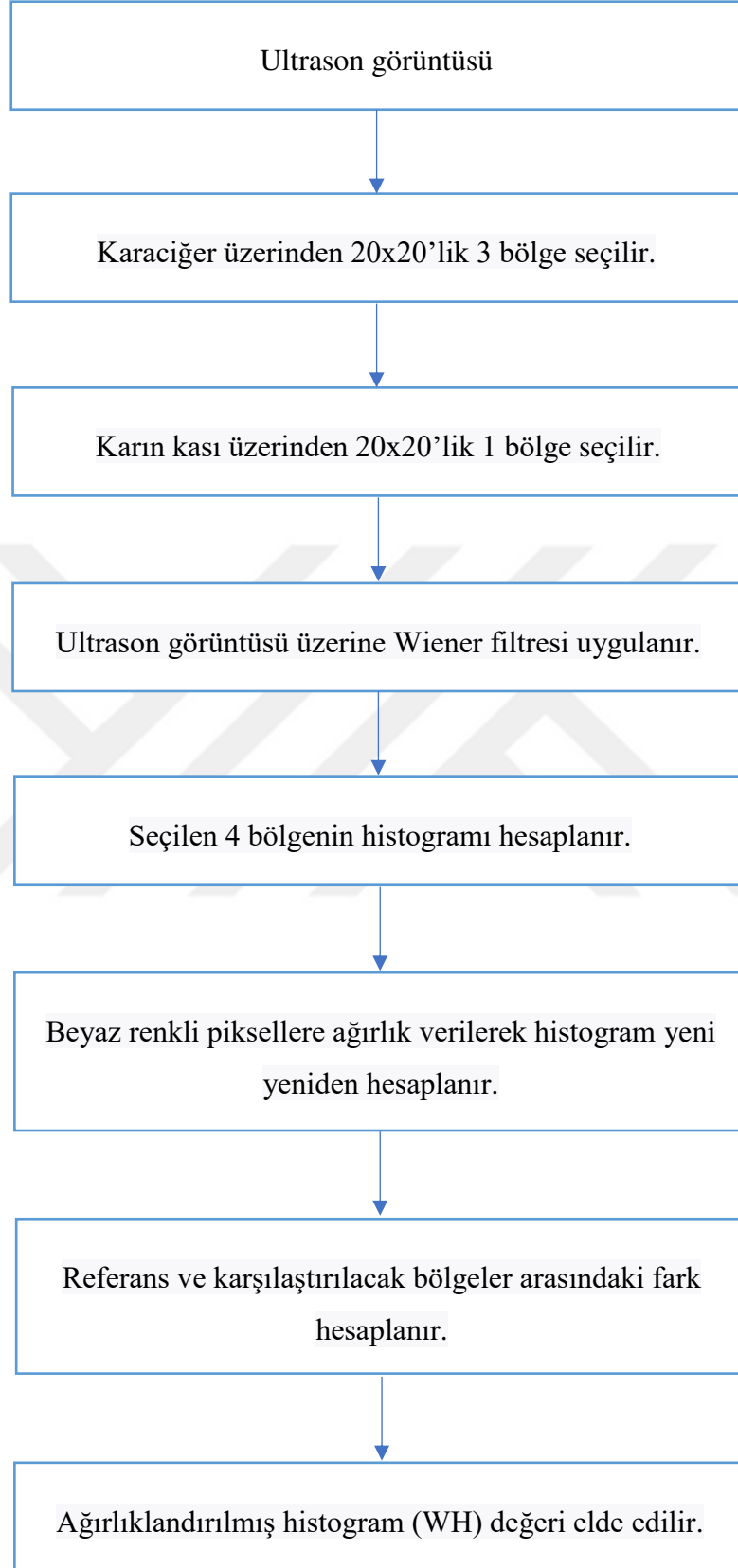
6.Adım: Referans görüntü ile karşılaştırma görüntüleri arasındaki ağırlıklı histogram farkları sırasıyla alınır ve farkların toplamı hesaplanır. Denklem 4.7'de, elde edilen değer normalleştirilir ve 0 ile 100 arasında bir sonuç üretilir. (k=3)

$$WH = \sum_{i=1}^k |R_{wh} - C_{wh'}| \quad (4.7)$$

WH yönteminin ait blok diyagramı Şekil 4.1'de verilmiştir. Verilen diyagramda algoritmaya ait adımlar sırasıyla ifade edilmiştir.

4.2 Gri İlişkisel Analiz (GRA)

Ultrason görüntülerinden karaciğer yağlanması nicel olarak tespitinde İçer ve ark.'nın önerdiği GRA yöntemidir [16]. GRA, çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [37-39]. Bir çeşit karar verme ve derecelendirme yöntemidir. Bu analiz yöntemi ilk önce Deng [40] tarafından sunulmuştur. Bu çalışmada önerilen WH yöntemi ile GRA'dan elde edilen sonuçların karşılaştırması da yapılmıştır.



Şekil 4.1 Blok diyagram

GRA'nın aşamaları aşağıda verilmiştir [16,34,39,41].

- Referans serisi Denklem 4.8'te ve karşılaştırma serisi ise Denklem 4.9'da verilmiştir. Belirlenen i tane karşılaştırma serisi referans x_0 ile karşılaştırılacaktır.

$$x_0(k) = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k)\} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (4.8)$$

$$x_i(k) = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k)\}, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.9)$$

- Denklem 4.10'da verilen X matrisi Denklem 4.8 ve Denklem 4.9'un birleştirilmiş halidir. Bu çalışmada $n = 4$ 'tür. Birincisi referans diğerleri karşılaştırma yapılacak serilerdir.

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \dots & x_1(m) \\ x_2(1) & x_2(2) & \dots & x_2(m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_n(1) & x_n(2) & \dots & x_n(m) \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

- Farklı faktörler arasında karşılaştırma yapılmaması için normalizasyon yapılmalıdır. Farklı şekillerde standartlaştırma yapılabilir. Normalizasyon için kullanılabilecek üç yöntem Denklem 4.11, Denklem 4.12 ve Denklem 4.13'te verilmiştir.

$$x_i(k) = \frac{x_i(k) - \min x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)} \quad (4.11)$$

$$x_i(k) = \frac{\max x_i(k) - x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)} \quad (4.12)$$

$$x_i(k) = \frac{|x_i(k) - x_0(k)|}{\max x_i(k) - x_0(k)} \quad (4.13)$$

- Karşılaştırma serisi ile referans seriler arasındaki mutlak fark Denklem 4.14'te hesaplanmıştır. Tüm karşılaştırma serilerine uygulanan denklem sonucunda elde edilen matris Denklem 4.15'teki gibidir.

$$\Delta x_i(k) = |x_0(k) - x_i(k)| \quad (4.14)$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} x_{01}(1) & x_{01}(2) & \cdots & x_{01}(m) \\ x_{02}(1) & x_{02}(2) & \cdots & x_{02}(m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{0n}(1) & x_{0n}(2) & \cdots & x_{0n}(m) \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

- Gri ilişki katsayısı, referans ve karşılaştırma serileri arasındaki mutlak fark matrisi üzerinden Denklem 4.16'daki formül kullanılarak hesaplanır. Ayırt edici katsayı $\xi = 0.5$ olarak alınmıştır. Bu değer 0 ve 1 arasında bir değer olarak belirlenir [42].

$$\gamma_{x_i(k)} = \frac{\Delta \min + \xi \Delta \max}{\Delta x_i(k) + \xi \Delta \max} \quad (4.16)$$

- Gri ilişki derecesi Denklem 4.17'de hesaplanmıştır. Denklemdeki $w(j)$ k faktörünün toplam etkiye oranıdır yani k faktörünün ağırlığıdır. $w(j)$ 'nin toplamı %100'dür.

$$\Gamma_{x_i(k)} = \sum (w(k) * \gamma_{x_i(j)}) \quad (4.17)$$

Yukarıda GRA'nın hesaplanması için verilen denklemler bu makalede amaçlanan problem üzerine uygulanmıştır. Karaciğer yağlanması seviyesinin tespit edilebilmesi için geliştirilen ağırlıklandırılmış histogram yöntemimizde karşılaştırılmak üzere sonuç üretilmiştir. Ultrason görüntüsü üzerinden seçilen bir tane referans ve üç tane karşılaştırma matrisleri üzerinde MATLAB kullanılarak verilen adımlar kodlanmış ve bir sonuç elde edilmiştir.

BÖLÜM 5

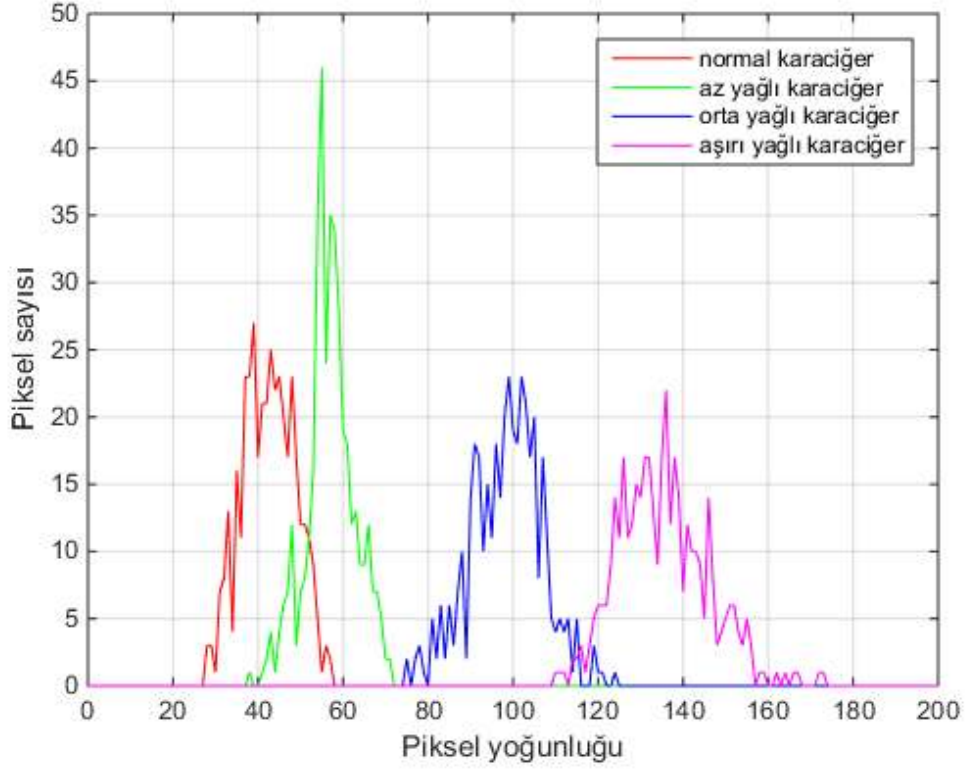
KARACİĞER YAĞLANMASININ AĞIRLIKLANDIRILMIŞ HİSTOGRAM İLE BELİRLENMESİ

Önerilen yöntemin testleri, 1024x768 boyutundaki 8-bitlik ultrason görüntüleri kullanılarak yapılmıştır [50]. Weighted Histogram (WH) metodunu uygulamak için ultrason görüntüsünden 20x20 piksel boyutunda dört bölge seçilmiştir. Seçilen bölgelerden birincisi karın kası üzerinden referans olarak, diğer üçü ise karşılaştırma yapılmak üzere karaciğerden alınmıştır. Referans bölgesinin karın kas dokusu olarak tercih edilmesinin nedeni diğer organlarla karşılaştırıldığında, kas bölgesinde bir hastalık olma olasılığının daha düşük olmasıdır.

Ultrasonografik görüntüler kullanılarak karaciğerden seçilen üç bölge, kas dokusundan seçilen referans ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma için GRA ve Bölüm 4.1'de önerilen ağırlıklandırılmış histogram yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem normal, Seviye-1 (hafif yağlı karaciğer), Seviye-2 (orta yağlı karaciğer) ve Seviye-3 (şiddetli yağlı karaciğer) derecelerinde yağlanma içeren karaciğere ait ultrason görüntülerine uygulanmıştır.

Şekil 5.1'de farklı yağlanma seviyelerine sahip karaciğerlerin oluşturduğu ultrason görüntüleri üzerinden yağlanmanın belirlenmesi için anlam ifade eden bölgeler seçilerek ortalamaları alınmıştır. Her bir yağlanma seviyesine ait görüntüler üzerinde bu işlem uygulanmıştır. Daha sonra ortalama alınarak elde edilen görüntülerin histogramları alınmıştır. Bu histogramların aynı grafik üzerinde birleştirilmiş hali Şekil 5.1'deki gibidir. Bu grafik incelendiğinde, farklı seviyelerdeki yağlı karaciğerlerin histogramlarının farklı aralıkta olduğu görülmektedir. Bir başka ifadeyle farklı seviyedeki karaciğerler farklı piksel yoğunluğuna sahiptir. Bunun nedeni ise karaciğerdeki yağlanmanın arttıkça, ultrason görüntüsündeki parlaklığının da artmasıdır [16]. Verilen grafikte elde edilen sonuç WH'yi destekler niteliktedir. Çünkü WH yönteminde histogram temel alınarak üretilen bir ağırlıklandırılmış

histogram mevcuttur. Bu yöntemde normal histogramdan farklı olarak daha anlamlı bir aralık elde edebilmek amacıyla ağırlıklandırılmış bir histogram üretilmiştir.

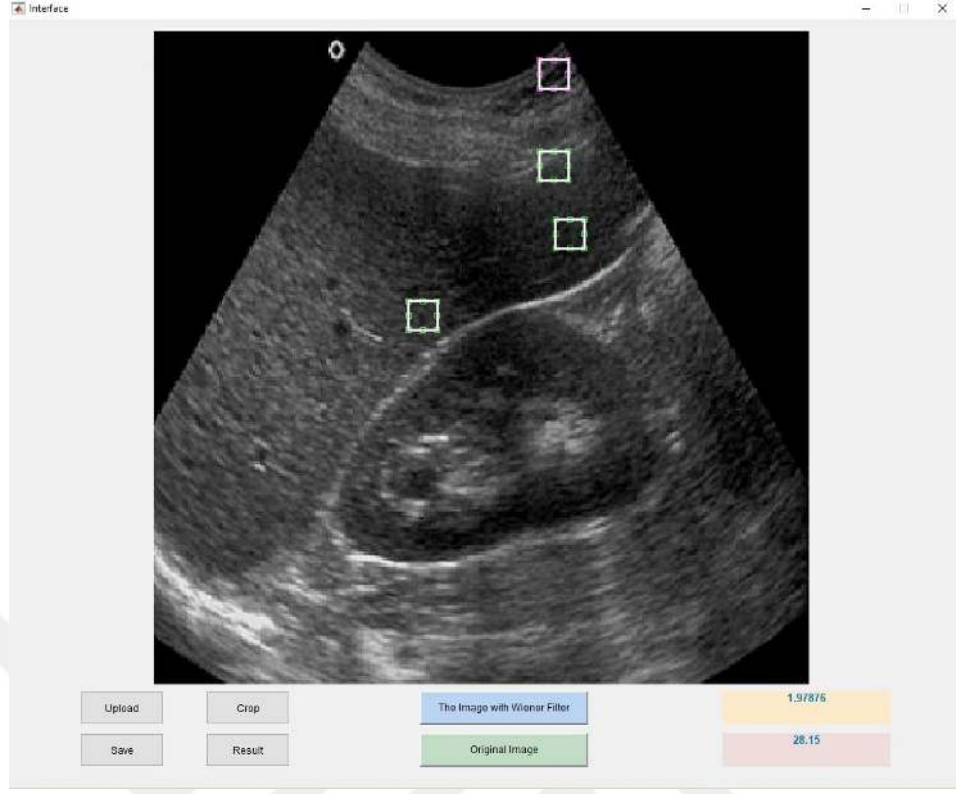


Şekil 5.1 Farklı seviyelerdeki yağlı karaciğerin histogram grafiği

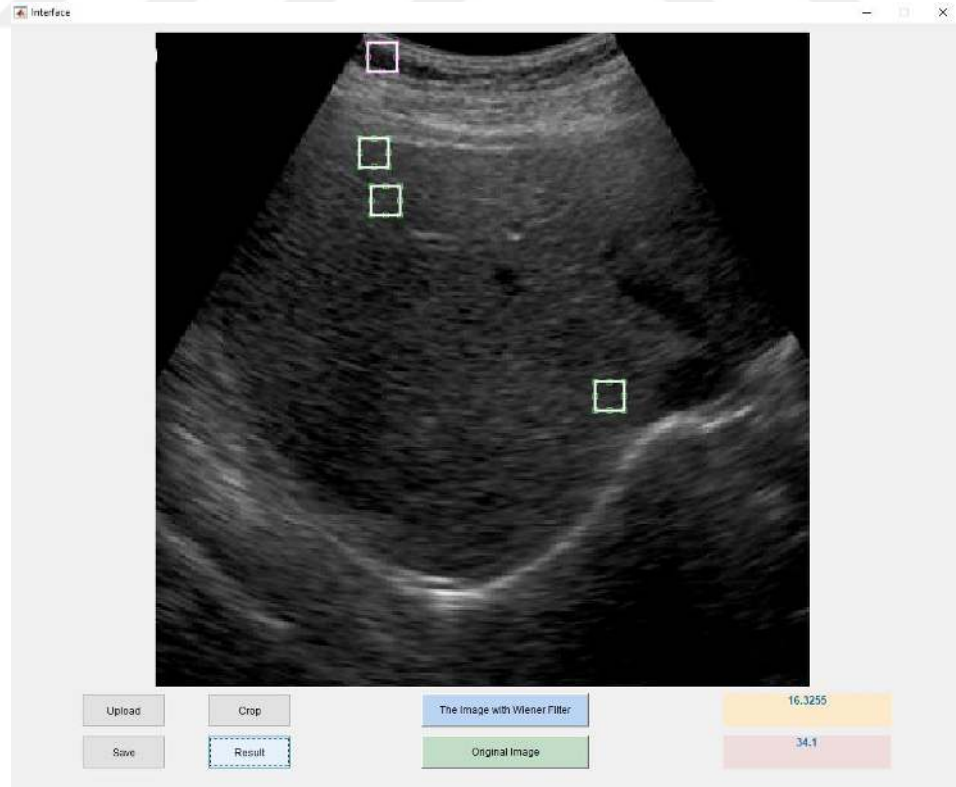
WH ve GRA kullanılarak elde edilen sonuçlar ve seçilen bölgelerin bulunduğu ultrason görüntüleri Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te verilmektedir. Kullanılan görüntüler [50]'de verilen kaynaktan elde edilmiştir.

Şekil 5.2'de normal karaciğere ait olduğu bilinen bir ultrason görüntüsü kullanılarak GRA ve önerilen WH yöntemi çalıştırılmıştır. Bu yöntemlerde kullanılmak üzere, karın kasından bir tane referans ve karaciğerden üç tane karşılaştırma bölgesi bir uzman radyolog tarafından seçilmiştir. Radyolog ultrason görüntülerinden karaciğer yağlanmasının seviyesini belirlerken, değerlendirme açısından anlamlı olan bölgeleri seçer. Daha önceki bir çok çalışmada da sınıflandırma yapılırken tüm ultrason görüntüsü değil sadece anlamlı bölgeler (ROI) seçilir [12, 16].

WH yönteminde elde edilen sonuç 1.97'dir. GRA için elde edilen sonuç ise 28.15'tir.

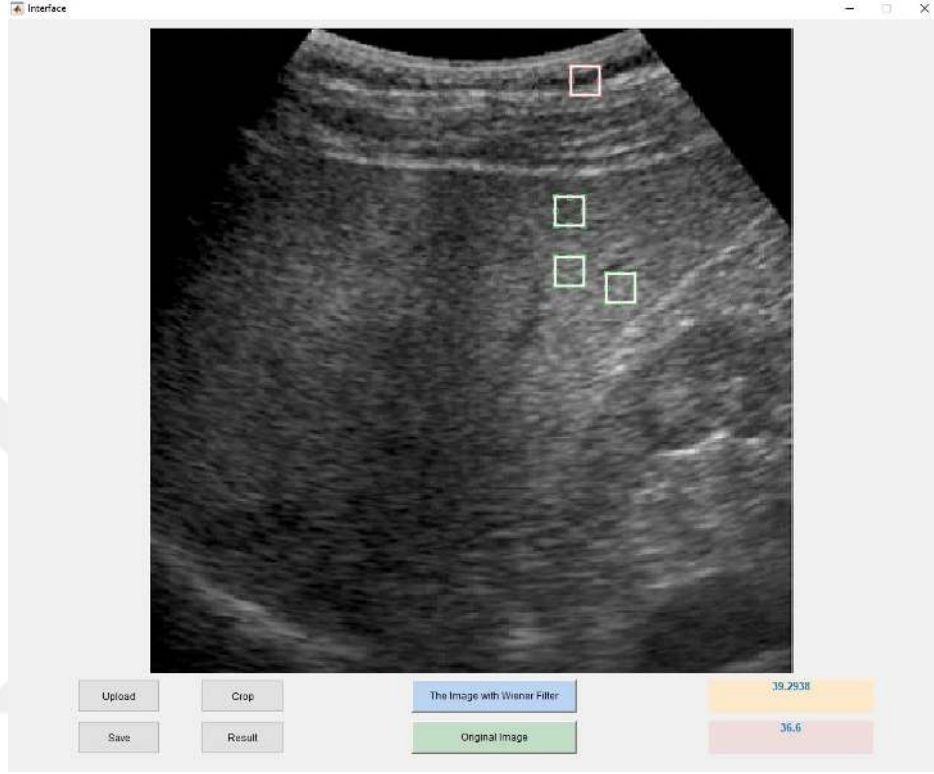


Şekil 5.2 Normal karaciğer, WH = 1.97, GRA = 28.15



Şekil 5.3 Az seviyede yağlı karaciğer, WH = 16.32, GRA = 34.1

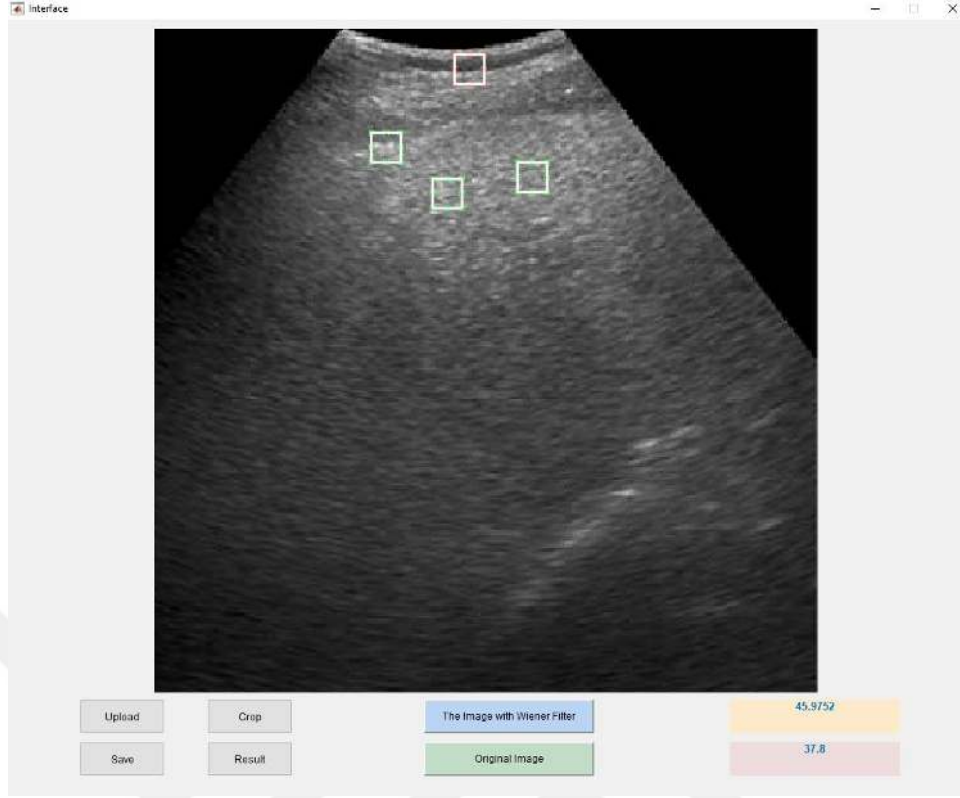
Şekil 5.3'te az yağlı karaciğere ait sonuçlar bulunmaktadır. Az yağlı karaciğerin ultrason görüntüleri kullanılarak üretilen sonuç WH için 16.32 ve GRA için 34.1'dir.



Şekil 5.4 Orta seviyede yağlı karaciğer, WH = 39.29, GRA = 36.6

Şekil 5.4'te orta seviyede yağlanma seviyesine sahip bir karaciğer ait ultrason görüntüsü bulunmaktadır. Diğerleriyle aynı şekilde bu ultrason görüntüsünden de bir tane referans üç tane karşılaştırılacak bölge seçilmiştir. Seçilen bölgeler için sonuç üretildiğinde GRA değerinin 36.6, WH'nin ise 39.29 olduğu görülmüştür.

Son olarak Şekil 5.5'te aşırı yağlanma seviyesine sahip bir karaciğer ultrasonu görülmektedir. Bu karaciğer için yöntemler çalıştırıldığında sonuçların WH için 45.97 ve GRA için ise 37.8 olduğu görülmüştür.



Şekil 5.5 Aşırı seviyede karaciğer, WH = 45.97, GRA = 37.8

Yağlı karaciğer seviyesini analiz etmek için ultrason görüntüleri üzerinde bir radyolog tarafından MATLAB GUI yardımıyla dört bölge seçilmiştir. Bu bölgeler, yağlı karaciğer seviyesinin değerlendirilmesinde en önemli olan alanlardan seçilmiştir. Şekil 5.2, GRA'nın ve WH'nin, normal seviyedeki yağ karaciğerinin sonucunu göstermektedir. Sonuçlar sırasıyla Şekil 5.3'te hafif yağlı, Şekil 5.4'te orta derecede yağlı ve Şekil 5.5'te ise şiddetli yağlı karaciğerler için verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, karaciğerde biriken yağ miktarı arttıkça GRA ve WH yöntemleriyle elde edilen sonuçların arttığı görülmektedir. Ancak, tezde önerilen yöntem WH, GRA'dan daha hassas sonuçlar vermektedir. Çünkü yağlı karaciğer seviyesi arttıkça, WH'nin sonuçları GRA'dan daha fazla artmıştır. Bu nedenle, sunulan yöntem yağlı karaciğer seviyesinin belirlenmesinde daha hassastır.

Farklı karaciğer görüntüsü kullanılarak elde edilen sonuçlar sırasıyla Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde ise yine GRA ve WH yöntemlerinin sonuçlarının tutarlı olduğu görülmüştür.



Şekil 5.6 WH = 12.11, GRA = 21.45 [53]



Şekil 5.7 WH = 64.85, GRA = 39.1 [53]

BÖLÜM 6

SONUÇ

Obezite, hipertansiyon, diyabet gibi metabolik hastalıklara neden olan yağlı karaciğer, günümüzde en sık karşılaşılan karaciğer hastalıklarından birisidir. Karaciğerde yağ birikimi erken aşamada tespit edilirse, bu sağlık sorunlarının üstesinden basit tedaviler uygulanarak gelinebilir. Ama karaciğer yağlanması tedavi edilmezse ilerleyen aşamaları siroz ve kansere neden olabilmektedir. Bu nedenle karaciğer yağlanmasının erken teşhisi ve tedavisi hasta açısından önemlidir. Hastalığın teşhis ve takibi için MRG, BT ve ultrason gibi çeşitli görüntüleme teknikleri kullanılır. Bunlar arasından ise ultrason görüntüleme tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü invaziv değildir, uygun maliyetlidir ve kolay erişilebilirdir. Fakat, yağlı karaciğerin ultrason ile teşhisinde, radyoloğun bilgisine ve görsel algısına dayanan öznel bir değerlendirme vardır. Radyolog ultrason görüntülerinden damarların ve diyaframın görünürlüğü, ekojenite gibi bulguları takip ederek yağlanmanın varlığı ve seviyesi hakkında bir yorumda bulunur. Nesnelliği arttırmak ve operatör bağımlılığını azaltmak için bu çalışmada, yağlı karaciğeri ultrason görüntülerinden belirlemek ve derecelendirmek için yeni bir nicel değerlendirme yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem ile değerlendirme aşamasında uzmana yardımcı olabilecek ve seviyenin daha hassas bir şekilde belirlenmesine imkan sağlayabilecek bir sonuç üretilmiştir. Üretilen sonuçlar yine yağlanma seviyesinin belirlenmesinde nicel sonuç üreten GRA yöntemiyle karşılaştırılmıştır.

Ultrason görüntüleri üzerindeki deneysel sonuçlar, WH'nin etkinliğini ve uygulanabilirliğini onaylar. Ek olarak, GRA kullanılarak elde edilen sonuçlar, WH ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır ve sonuçlar tutarlıdır. Ancak bu problemin çözümünde WH'nin avantajı ultrason görüntüsü üzerinden seçilen kas dokusuna ait bölgenin görüntüsünü karaciğer görüntüsü ile karşılaştıran bir algoritmaya dayanmasıdır. Dahası GRA yöntemine göre daha hassas yağlanma aralığı vermesidir. Bu nedenle, WH klinik tanıların doğruluğu, etkinliği ve tekrarlanabilirliği konusunda önemli ilerlemeler sağlar.

Önerilen (WH) yöntemi gelecekte, karaciğer ultrason görüntülerinde referans olarak seçilen bölgenin karın kasının yanısıra dalak ve böbreği de birlikte içine alarak daha geniş kapsamlı bir karşılaştırma yapılmasına olanak sağlayabilir. Hatta, önerilen yöntemle edilen değerler yağlı/normal karaciğerin sınıflandırılmasında öznitelik olarak kullanılabilir.



KAYNAKLAR

- [1] Kleiner, D. E., Brunt, E. M., Van, N., M., Behling, C., Contos, M. J., Cummings, O. W., ve diğer. Design and validation of a histological scoring system, *Hepatology*. 41(6), 1313-1321, 2005
- [2] Sonsuz, A., Baysal, B. Karaciğer yağlanması ve non alkolik steatohepatit. *Güncel Gastroentoloji*. 15(2), 98-106, 2011
- [3] Bellentani, S., Scaglioni, F., Marino, M., Bedogni, G. Epidemiology of non- alcoholic fatty liver disease. *Digestive Diseases*. 28, 155-161, 2010
- [4] Çolak, Y., Tuncer, İ. Nonalkolik karaciğer yağlanması ve steatohepatit, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Eğitim Tıp Etkinlikleri. 58, 91-98, 2017
- [5] Shannon, A., Alkhouri, N., Carter-Kent, C, Monti, L., Devito, R., Lopez, Rocio, ve diğer. Ultrasonographic quantitative estimation of hepatic steatosis in children with nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD), *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 53(2), 190-195, 2012
- [6] Gaggini, M., Morelli, M., Buzzigoli, E., Defronzo, R., Bugianesi, E., Gastaldelli, A. Non-Alcoholic fatty liver disease (NAFLD) and its connection with insulin resistance, dyslipidemia, atherosclerosis and coronary heart disease, *Nutrients*. 5(5): 1544–1560, 2013
- [7] Ribeiro, R., Marinho, R. T., Sanches, J. M., Global and local detection of liver steatosis from ultrasound, *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2012
- [8] Snel, M., Jonker, J.T., Schoones, J., Lamb, H., Roos, A. D., Pijl, H. ve diğer. Ectopic fat and insulin resistance: pathophysiology and effect of diet and lifestyle interventions, *International of Journal Endocrinol.* 2013, 18 pages, 2012
- [9] Yoneda, M., Suzuki, K., Kato, K., Fujita, K., Nozaki, Y., Hosono, K., et al. Nonalcoholic fatty liver disease: US-based acoustic radiation force impulse elastography, *Radiology*. 256, 640-647, 2010
- [10] Owjimer, M., Danyali, H., Helfroush, M. S. An improved method for liver diseases detection by ultrasound image analysis, *Journal of Medical Signals Sensors*. 5(1), 21-9, 2015
- [11] Bharti, P., Mittal, D., Ananthasivan, R. Computer-aided Characterization and Diagnosis of Diffuse Liver Diseases Based on Ultrasound Imaging: A Review, *Ultrasonic Imaging*. 39(1), 33-61, 2017

- [12] Virmani, J., Kumar, V., Kalra, N., Khandelwal, N. SVM-based characterization of liver ultrasound images using wavelet packet texture descriptors, *society for imaging informatics in medicine*. 26, 530-543, 2012
- [13] Santos, J., Silva, J. S., Santos, A. A., Soares, P. B. Detection of pathologic liver using ultrasound images, *Biomedical Signal Processing and Control*. 14, 248-255, 2014
- [14] F., Shi, H. B., Liu, L. R., Jiang, P., Liang, L., Wang, C. L., Liu, X. Y., Non-alcoholic fatty liver disease: An early mediator predicting metabolic syndrome, *World J Gastroenterol*. 17(6), 735–742, 2011
- [15] Mukherjee, S., Chakravorty, A., Ghosh, K., Roy, M., Adhikari, A., Mazumdar, S., Corroborating the subjective classification of ultrasound images of normal and fatty human livers by the radiologist through texture analysis and SOM, *IEEE 15th International Conference on Advanced Computing and Communications*. 197-202, 2007
- [16] İçer, S., Coşkun, A., İkizceli, T. Quantitative grading using grey relational analysis on ultrasonographic images of a fatty liver, *Journal of Medical Systems*. 36(4), 2521-2528, 2012
- [17] Zeng, Q. L., Li, D. D., Yang, Y. B. VIKOR method with enhanced accuracy for multiple criteria decision making in healthcare management, *Journal of Medical Systems*. 37(2), 9908, 2013
- [18] Williams, C. D., Stengel, J., Asike, M. I., Torres, D. M., Shaw, J., Cotreras, M., ve diğer. Prevalence of nonalcoholic fatty liver disease and nonalcoholic steatohepatitis among a largely middle-aged population utilizing ultrasound and liver biopsy: a prospective study, *Gastroenterology*, 140(1), 124–131, 2011
- [19] Murrell, D. Fatty Liver (Hepatic Steatosis). 27 Şubat 2019, <https://www.healthline.com/health/fatty-liver>. 6 Aralık 2018
- [20] İçer, S., İkizceli, T., Coşkun, A., Asyalı, M. H. Evaluation of fatty liver ultrasonography images, 14th National Biomedical Engineering Meeting. 1-4, 2009
- [21] İmamoğlu, F. G., İmamoğlu, Ç., Çiledağ, N., Arda, K., Tola, M. Düzgöl, C. Classification of hepatosteatosi with ultrasonography and analysis of the effect of hepatosteatosi degree on the liver function tests, *Medical Journal of Muğla Sıtkı Koçman University*, 2(3), 23-28, 2015
- [22] Pilleul, F., Chave, G., Dumortier, J., Scoaze, J. Y., Valette, P. J Fatty infiltration of the liver: detection and grading using dual T1 gradient echo sequences on clinical MR system, *Gastroenterol Clin Biol*. 29, 1143-7, 2005
- [23] Roldan-Valadez, E., Favila, R., Martinez-Lopez, M., Uribe, M., Mendez-Sanchez, N. Imaging techniques for assessing hepatic fat content in nonalcoholic fatty liver disease, *Annals of Hepatology*. 7(3), 212–220, 2008

- [24] İdilman, İ. S., Karçaaltıncaba, M. Karaciğer yağlanması tanısında ve yağlanma miktarının belirlenmesinde radyolojik tanı yöntemleri, *Güncel Gastroenteroloji*. 18(1), 112-118, 2014
- [25] Schwenzer, N. F., Springer, F., Schraml, C., Stefan, N., Machann, J., Schick, F. Non-invasive assessment and quantification of liver steatosis by ultrasound, computed tomography and magnetic resonance, *Journal of Hepatology*. 51(3), 433-445, 2009
- [26] Fishbein, M., Castro, F., Cheruku, S., Jain, S., Webb, B., Gleason, T. ve diğer. Hepatic MRI for fat quantitation: its relationship to fat morphology, diagnosis, and ultrasound, *Journal of Clinical Gastroenterol*. 39(7), 619-625, 2005
- [27] Gangadhar, K., Chintapalli, K. N., Cortez, G., Nair, S.V. MRI evaluation of fatty liver in day to day practice: Quantitative and qualitative methods, *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 45(3), 619-626, 2014
- [28] Kodama, Y., Ng, C. S., Wu, T. T., Ayers, G. D., Curley, S. A., Abdalla, E. K. et al. Comparison of CT methods for determining the fat content of the liver, *American Journal of Roentgenology*. 188(5), 1307-1312, 2007
- [29] Acharya, U.R., Fujita, H., Sudarshan, V.K., Mookiah, M.R.K., Koh, E.W.J., Tan, J.H., et al. An integrated index for identification of fatty liver disease using radon transform and discrete cosine transform features in ultrasound images, *Information Fusion*. 31, 43-53, 2016
- [30] Öztoprak, B., Atalar, M. H., Alagözlü, H. Yağlı karaciğer hastalığının tanısında dual eko manyetik rezonans görüntüleme ile ultrasonografinin karşılaştırılması, *Pamukkale Medical Journal*. 9(3), 140-147, 2016
- [31] Hamer, O. W., Aguirre, D. A., Casola, G., Lavine, J. E., Woenckhaus, M., Sirlin, C. B. Fatty liver: imaging patterns and pitfalls, *Radio Graphics*. 26(6), 1637-1653, 2006
- [32] Strauss, S., Gavish, E., Gottlieb, P., Katsnelson, L. F. Interobserver and intraobserver variability in the sonographic assessment of fatty liver, *American Journal of Roentgenology*. 189(6), 320-323, 2007
- [33] Zwiebel, W.J. Sonographic diagnosis of diffuse liver disease. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*. 16(1), 8-15, 1995
- [34] Chen, H. Y., Wang, J. R., Lu, K. Y. The evaluation of liver function via grey relational analysis, *IEEE Int. Conf. on Sys., Man and Cybernetics*. 783-786, 2009
- [35] Singh, M., Singh, S., Gupta, S. An information fusion based method for liver classification using texture analysis of ultrasound images, *Inf Fusion*. 19, 91-6, 2013

- [36] Lupor, M. P., Stefanescu, H., Mureşan, D., Florea, M., Erzsebet, M. S., Maniu, A., ve diğer. Noninvasive assessment of liver steatosis using ultrasound methods, *Med. Ultrason, Med Ultrason*. 16(3), 236-245, 2014
- [37] Lin, Y., H., Lee, P. C., Chang, T. P. Practical expert diagnosis model based on the grey relational analysis technique, *Expert Systems with Applications*. 36, 1523–1528, 2009
- [38] Chang, C. L., Tsai, C. H., Chen, L., Applying grey relational analysis to the decathlon evaluation model, *International Journal of The Computer, The Internet and Management*. 11(3), 54–62, 2003
- [39] Senger, Ö., Albayrak, Ö. K., A Study on performance appraisal by gray incidence analysis, *International Journal of Economic & Administrative Studies*. 2016, 17, 235-258
- [40] Deng, L. Introduction to grey system theory, *The Journal of Grey System*. 1, 1–24, 1989
- [41] Xu, W., Hou, Y., Ye, Z. A fast image match method based on water wave optimization and gray relational analysis, 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems. 771-776, 2017
- [42] Slavek, N., Jovic, A. Application of grey system theory to software projects ranking, *Automatika*. 53(3), 284-293, 2012
- [43] Gonzalez, R. C., Woods, R. E. *Digital Image Processing*, Third ed. Pearson International Edition, 2009
- [44] Stark, J.A. Adaptive Image Contrast Enhancement Using Generalizations of Histogram Equalization, *IEEE Transactions on Image Processing*. 9(5), 889-896, 1995
- [45] Pawar, M. M., Talbar, S. N. Local entropy maximization based image fusion for contrast enhancement of mammogram, *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. 2018
- [46] Kaur, K. Digital image processing in ultrasound images, *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. 1(4), 388-393, 2013
- [47] Shetti, P. P., Patil, A. P. Performance comparison of mean, median and wiener filter in MRI image de-noising, *International Journal for Research Trends and Innovation*. 2(6), 371-375, 2017
- [48] Goceri, E., Shah, Z. K., Layman, R., Jiang, X., Gurcan, N. M., Quantification of liver fat: A comprehensive review, *Computers in Biology and Medicine*. 71, 174-189, 2016

- [49] MATLAB, 27 Şubat 2019, <https://ch.mathworks.com/help/images/ref/wiener2.html>
- [50] Subramanya, M., Kumar, V., Mukherjee, S., Saini, M. A CAD system for B-mode fatty liver ultrasound images using texture features, *Journal of Medical Engineering & Technology*. 39, 123-130, 2015
- [51] Marques, O., *Practical Image And Video Processing Using Matlab*, Wiley-IEEE Press. 2011
- [52] Saadeh, S., Younossi, Z. M., Remer, E. M., Gramlich, T., Ong, J. P., Hurley, M., Mullen, K. D., Cooper, J. N., Sheridan, M. J. The utility of radiological imaging in nonalcoholic fatty liver disease, *Gastroenterology*. 123(3), 745-50, 2002
- [53] 5 Mart 2019, <https://radiopaedia.org/articles/diffuse-hepatic-steatosis-grading>
- [54] Gupta, S., Chauhan, R. C., Saxena, S. C. Wavelet-based statistical approach for speckle reduction in medical ultrasound images, *Medical and Biological Engineering and Computing*. 42(2), 189-192, 2004
- [55] Suresh, S., Suresh, G. R., Sukanesh, R. Speckle noise reduction in ultrasound images by wavelet thresholding based on weighted variance, *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 1(1), 7-12, 2009
- [56] Rabbani, H., Vafadust, M., Abolmaesumi, P., Gazor, S. Speckle noise reduction of medical ultrasound images in complex wavelet domain using mixture priors, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 55(9), 2152-2160, 2008
- [57] Hedao, P., Godbole, S. S. Wavelet thresholding approach for image denoising, *International Journal of Network Security & Its Applications (IJNSA)*. 3(4), 16-21, 2011
- [58] Achim, A., Bezerianos, A., Tsakalides P. Novel Bayesian multiscale method for speckle removal in medical ultrasound images, *IEEE Trans Med Imaging*. 20(8), 772-83, 2001
- [59] Loupas, T., McDicken, W. N., Allan, P.L. An adaptive weighted median filter for speckle suppression in medical ultrasonic images, *IEEE Transactions on Circuits and Systems*. 36(1), 129-135, 1989
- [60] Suresh, K., Papendra, K., Manoj, G., Nagawat, A. K. Performance comparison of median and wiener filter in image de-noising, *International Journal of Computer Applications*, 12(4), 2010

- [61] Lupsor, M., Badea, R., Nedevschi, S., Mitrea, D. Ultrasonography contribution to hepatic steatosis quantification. Possibilities of improving this method through computerized analysis of Ultrasonic Image, Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics. 25–28, 2006
- [62] Huang, Y., Han, X., Tian, X., Zhao, Z., Zhao, J., ve Hao, D. Texture analysis of ultrasonic liver images based on spatial domain methods. 2010 3rd International Congress on Image and Signal Processing. 2010
- [63] Andrade, A., Silva, J.S., Santos, J., Belo-Soares, P., Classifier approaches for liver steatosis using ultrasound images. Procedia Technol. 5, 763–70, 2012



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim : Sevil TOPRAK
Doğum Tarihi : 1992
E-mail : sevil.toprak@hotmail.com

EĞİTİM

Lise : Cumhuriyet Anadolu Lisesi, 2010
Lisans : Turgut Özal Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği
Haziran 2015
Yüksek Lisans : Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Elektrik ve Bilgisayar
Mühendisliği -

İŞ DENEYİMİ

Yazılım Geliştirici : Code Quarters, Ankara, 05/2017 – 07/2018
Yazılım Geliştirici : ODC Business Solution, Ankara, 07/2018 –

YAYINLAR

Elsevier JESTECH

- Toprak, S., Karal, Ö. Histogram based method to determine liver fat levels from ultrasound images
* Dergiye gönderilen makale hakem değerlendirmesindedir.