

Okuma Anındaki Göz Hareketlerini Görselleştirme ve Analiz Etme

Dilber ÇETİNTAŞ^{1*}, Taner TUNCER²

¹ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

² Bilgisayar Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

*¹ dcetintas@firat.edu.tr, ² ttuncer@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 02/09/2022;

Kabul/Accepted: 24/03/2023)

Öz: İnsan davranışlarını değerlendirme alanında göz izleme teknolojisi giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu teknoloji ile bilinçdışı gerçekleştirilen göz hareketlerinden konum, odaklanma süresi, göz bebeği boyutu, göz kırpması gibi özellikler elde edilir. Bu özelliklerden yola çıkılarak tüketim modeli, psikolojisi ve ilgi alanı gibi davranışsal bilgilere ulaşılabilir. Ancak göz hareketleri milisaniyelik sürelerde veri ürettiği için bu verilerin değerlendirilmesi ve analiz edilmesi problem olmaktadır. Bu çalışma göz takip cihazı ile alınan karmaşık ve yoğun verileri analiz etme ve değerlendirme aşamasında görselleştirme tekniklerini uygulayarak faydalı ve gizli kalan bilgileri daha görünür yapmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda maliyet nedeniyle sınırlı sayıda alınabilen göz verileri lineer olmayan enterpolasyonla çoğullanıp spektrogram görüntüleri elde edildi. Çoğullanan veriler derin öğrenme ve DVM(Destek Vektör Makine) ardından kullanıcının ne tür doküman okuduğuna dair sınıflandırma yapıldı. Sonuçta önerilen sınıflandırma algoritması ile %95.24 doğrulukla okunan doküman türü belirlendi.

Anahtar kelimeler: Göz izleme, ısı haritası, scatter grafiği, spektrogram, derin öğrenme.

Visualizing and Analyzing Eye Movements During Reading

Abstract: Eye-tracking technology is becoming more and more important in the field of evaluating human behavior. Because with this technology, features such as the position of unconscious eye movements, focusing time, pupil size, and the number of blinks are obtained. Based on these features, behavioral information such as consumption models, psychology, and interests can be reached. However, since eye movements produce data in milliseconds, it is a problem to evaluate and analyze these data. This study aims to make useful and confidential information more visible by applying visualization techniques in the analysis and evaluation phase of complex and dense data obtained with an eye tracker. For this purpose, spectrogram images are obtained by multiplexing the eye data, which can be taken in limited numbers due to cost, by non-linear interpolation. After the multiplexed data are deep learning and DVM (Support Vector Machine) processes, a classification is made about what kind of document the user reads. As a result, the type of document read with 95.24% accuracy was determined with the proposed classification algorithm.

Key words: Eye tracking, heat map, scatter plot, spectrogram, deep learning.

1. Giriş

Görme işlemi kornea katmanına gelen ışınların kırılıma uğrayıp göz merceğine iletilmesi ile başlar. Göz merceğinde ikinci defa kırılan ışınlar retina tabakasındaki sarı leke denilen alana düşer. Bu alanda çok sayıda algılayıcı mevcuttur. Algılayıcılardan kon hücreleri renkleri, kon hücreleri cismin şekil yapısını tespit eder. İnsanların tüm kafa ve göz hareketlerinin sebebi bu algılayıcıların bulunduğu alana çok fazla sayıda ışın düşürebilmektir. Hareketlerin kaydedilip değerlendirilmesi göz izleme teknolojisini doğurmuştur.

Göz izleme teknolojisinin temeli gözün algılayamadığı kızıl ötesi ışınların gönderilip yansımalarının kameralarla kayıt altına alınmasına dayanır. Işık demetinin okurun kornea ya da retinasından yansımaları göz bebeği konumu ve hareketlerinin algılama cihazı tarafından alınıp bilgisayara kaydedilmesiyle veriler oluşturulur. Elde edilen bu veriler bakış noktasının koordinatlarını, ne kadar süre nereye odaklandığı, gözün yaptığı sıçrama oranı gibi sayısal değerler içerir. Göz izleme, bir bireyin bakış pozisyonlarını ve göz hareketlerini kaydetmenin yanı sıra tahmin etme sürecidir [1]. Göze bakma bilgisi, elde edilen beş duyu bilgisinin %80'inden fazlasını kaplayacak şekilde diğer duylara göre daha hızlı bir tepki hızına sahiptir. Bu nedenle bakış takibi, kullanıcı ve bilgi ekipmanı arasında etkili bir etkileşim yöntemi olarak kabul edilir [2]. Geliştirilen göz izleme sistemleriyle takip ve etkileşimi en iyi noktaya ulaştırmak hedeflenmektedir.

* Sorumlu yazar: dcetintas@firat.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0000-0003-0710-2280, ² 0000-0003-0526-4526

Mevcut göz izleme sistemleri, göz izleme cihazları video tabanlı ve video tabanlı olmayan olarak tasarlanmıştır. Video tabanlı olmayanlar (Elektrookülografi) bireyler tarafından zorluk oluşturan cihazlar, video tabanlı olanlar (Videookülografi) giyilebilir cihazlardır. Giyilebilir cihazlar veya gözlükler bireylerin günlük hayatlarını devam ettirirken hareket kısıtlılığı olmadan nereye baktığını, ilgisini nelerin çektiğini, dış ortamla etkileşimini kaydedebilmektedir.

1.1 Motivasyon

Göz hareketlerinin görselleştirilmesiyle ilgili çalışmalarda ısı haritası (heatmap), tarama yolu (scanpath), dağılım grafiği (scatter plot), bakış grafiği (gaze plot) teknikleri kullanılmaktadır. Bu makale aşağıdaki açıklamalara cevap bulma arayışı ile gerçekleştirildi.

- Göz hareketlerini görselleştiren yöntemler kısıtlı ve sadece belirli amaçlara yönelik kullanılırlar. Örneğin pazarlama alanında kullanılacaksa ısı haritası tercih edilir ve sadece nerelere odaklandığı (fiyat ya da ürün) ile ilgilenilir. Fakat o sıradaki göz bebeği değişimlerinin eklenmesi ile farklı çıkarımlar yapılabilir mi?
- Göz bebeğinin zamana göre değişim sinyallerini görselleştirip analiz etmek mümkün mü?

2. Göz Hareketleri ve Görselleştirme Teknikleri

Göz hareketlerini kaydetmenin temeli 1800'li yıllara dayansa da 1879 yılında Emile Javal tarafından göz hareketlerinin sabitlemeler (fixation) ve sıçramalar (saccade) olarak tanımlanması başlangıç olmuştur. Sonrasında cihazlara mobilerlik, internete bağlanma özelliği, görüntü işleme özellikleri de eklenerek bugünkü konumuna ulaşmış çok sayıda göz hareketini algılama duruma gelmiştir. Göz hareketlerinden bazıları ve yorumları tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Göz Hareketleri ve Açıklamaları

Göz Hareketleri	Anlam ve Yorumu
Odaklanma	Kullanıcının gözlerini sabitleyerek bakmasıdır. Odaklanma süresinin uzun olması bakılan alanın kullanıcıyı ilgisini çektiği olarak yorumlanır.
Sıçrama	A noktasına bakıldıktan sonra B noktasına geçiş sırasında yapılan harekettir. Örneğin, çok sayıda sıçramanın olması ekran üzerinde bir şeyler arandığı anlamına gelir.
Geri yönlü sıçrama	Sağa doğru ilerleyen metin ya da görsellerde geçilen alanlara geri dönme (sola) davranışıdır. Bu durum dikkat dağınıklığı veya geçilen alanın anlaşılmadığı bilgisine ulaştırır.
Gözbebeği Boyutu	Bilişsel yük ve duygu durum değişikliklerinden etkilenir. Yapılan aktivitenin zorluğu, duygu durum tespitinde kullanılabilir.
Göz Kırpma	Gözü koruma, nemli tutma görevleri bulunan bir reflekstir. Yorgunluk, uykusuzluk çıkarımlarında tercih edilir.
Göz Koordinatları	Gözün eksen üzerindeki bakış noktalarıdır. Bakış alanları incelenerek bireyle ilgili kişisel tercih çıkarımları yapılabilir.

2.1 Görselleştirme Teknikleri

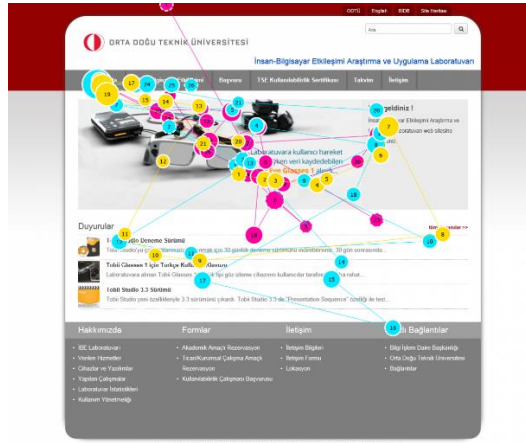
Göz izleme alanındaki gelişmeler 1980'li yıllarda durağanlık yaşamıştır. Verileri analiz etmenin veri toplamaktan daha zor olduğu gözlemlenmiştir. Bilgisayar grafiklerinin gelişimiyle birlikte veriler görselleştirilerek değerlendirme yoluna gidilmiştir. Bu doğrultuda birçok görselleştirme tekniği geliştirildi. Isı haritası, tarama yolu, dağılım grafiği ve bakış grafiği bunlar arasındadır.

Isı Haritası (Heatmap): Göz izleme verilerinde en çok tercih edilen görselleştirme tekniğidir. Bakılan alanları kırmızı ile mavi arasında renklendirir. En çok bakılan alanlar kırmızı, en az bakılan alanlar mavi olarak renklendirilir. Yarı saydam bir renk haritası aracılığıyla odaklanmaların göreceli frekanslarını veya sürelerini görselleştirir. Bir ısı haritasının alternatif versiyonları, ilginç olmayan kısımları karartarak veya bulanıklaştırarak gizler [3][4]. Olumsuz yönü kişiler arasındaki farkı iyi yansıtamamasıdır. Şekil 1 Facebook sayfasında gezinen bir kullanıcıdan elde edilen ısı haritasını göstermektedir.



Şekil 1. Facebook sayfasındaki ısı haritası[5]

Tarama Yolu (Scanpath): Bu teknikte odaklanılan nokta düğüm, sıçrama hareketi ayrıtılarak ifade edilir. Kullanıcının bakış sıralaması ve geçiş güzergahları hakkında bilgi verir. Aynı görsel farklı zamanlarda gösterildiğinde aynı yolu takip edip etmediği gözlemlenebilir. Şekil 2 bir web sitesinde gezinen kullanıcının sırayla baktığı noktaları ve geçiş yolunu göstermektedir.



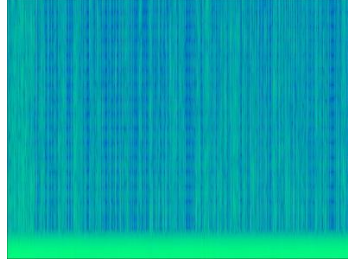
Şekil 2. Odtü sayfası için tarama yolu[6]

Dağılım Grafiği (Scatter Plot): Gözün zamana göre konumsal temsildir. Bakış noktaları arasında bağlantı olup olmadığı ya da göz hareketlerinin hangi konumlar arasında değiştiği çıkarımı yapılabilir.

Bakış Grafiği (Gaze Plot): Kullanıcının odaklandığı noktaların dairelerle temsil edildiği grafiklerdir. Bu grafiklerde bakış süresi uzadıkça daire büyür.

Spektrogram: Spektrogram, bir sinyalin gücünün zaman içindeki görsel bir temsildir. Bir sinyalin frekans içeriğini temsil etmenin görsel bir yoludur. Genellikle ses sinyalleri için kullanılırlar[7,8]. Spektrogram belirli bir zaman diliminde hangi frekansların olduğunu temsil eder. Bu gösterimde, x eksenini boyunca zaman, y eksenini boyunca frekans ve herhangi bir zamanda sinyaldeki enerji miktarı ve frekans renkli bir harita olarak görüntülenir. Daha yüksek genlikler kırmızıdan açık renklerle temsil edilirken, düşük genlikler maviden koyu renklerle temsil edilir. Sinyali spektrograma dönüştürmek için Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü kullanılır. Kısa Zamanlı Fourier

Dönüşümü zaman sinyalinin eşit uzunlukta yeterince küçük parçalara bölünmesiyle hesaplanır, Fourier dönüşümü, her bir daha kısa bölünmüş parça üzerinde ayrı ayrı hesaplanır. Bu süreç, daha kısa bölümler için bir Fourier spektrumu üretir ve daha sonra zamanın bir fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada zamana göre alınan göz hareket sinyalinde belirli parçalar üzerinden Fourier dönüşümü yapılarak spektrogramlar elde edildi. Şekil 3’de gözbebeğinin okuma sırasındaki değişimini gösteren spektrogram verilmektedir.



Şekil 3. Okuma sırasında gözbebeği değişimleri

Sonuç olarak, göz sinyallerini analiz etmek, karşılaştırmak ve görselleştirmek için çok sayıda teknik geliştirilmiştir. Daha fazla bilgiyi görselleştirebilmek amacıyla görselleştirme metodları geliştirilmeye devam etmektedir[9].

2.2 İlişkili Çalışmalar

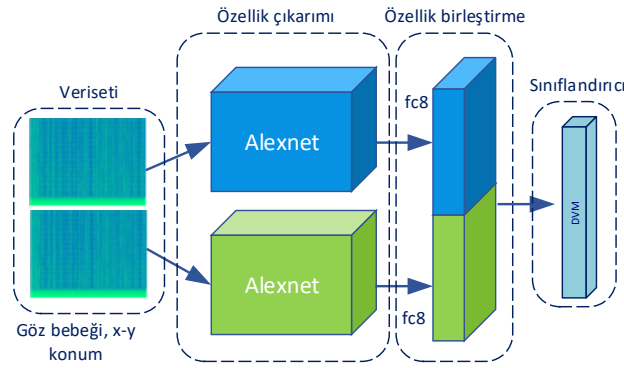
Kasprowski ve Harezlak tarafından gerçekleştirilen çalışmada [10] otizm ve hiperaktivite tanısı alan çocukların göz izleme verileri toplanarak odaklanma problemleri, yorgunluk belirtileri analiz edildi ve teşhis amaçlı kullanıldı. Kubuş ve Çağıltay[11] kamu kurumlarının web sayfalarının kullanılabilirliğini test edip efektif kullanılabilmesi için iyileştirilme çalışmaları gerçekleştirdiler. Djamasbi tarafından yapılan çalışmada [12] Y neslinin (18-31 yaş aralığı) kullanım alışkanlıkları incelenmiştir. Y neslinin ilgisinin daha çok görsel ve daha az metinden yana olduğu çalışmada vurgulandı. [13]’te, oyunlar sırasında gösterilen reklamların ne kadar kalıcı olduğu ve hatırlandığı konusu incelendi. Zinderen ve ark. geleneksel ve infografik gazetecilik arasındaki farkları incelediler. Çalışmada ısı haritası, tarama yolu tekniklerini kullanmış İnfografik alanda %90 başarı sağlanmıştır [14]. Bağcı ve ark. tarafından Türkiye’nin markalaşma sürecindeki tanıtım videolarının dikkat çekicilik düzeyleri EEG ve göz izleme yöntemiyle incelendi ve sonuçta elde edilen veriler analiz edilerek sunuldu [15]. Göz izlemenin bir çok alanda kullanımı mevcuttur. Literatürde görselleştirme tekniklerinin yer aldığı çalışmalar ise şunlardır: Ekran tabanlı göz izleme cihazı ve ısı haritası tekniği kullanılarak kullanıcılara bir dergideki çantalar gösterildiğinde kullanıcıların ilgi duyduğu çantayı bulmada başarılı sonuçlara ulaşıldığı gözlemlendi[16]. Göz hareketlerinin zamansal özelliklerini dikkate alan başka bir çalışmada GSSP adı verilen yeni bir görselleştirme tekniği tanıtıldı. Teknik, zaman serisi analizinde yaygın olarak kullanılan yineleme grafikleri fikrinin bir uzantısıdır. Tekrar eden kalıpları ortaya çıkarmak için zaman serisi analizlerinde sıklıkla kullanılır. Çalışmada ilk adımda alınan i iterasyonu ile ikinci adımdaki j iterasyonu arasındaki uzaklık hesaplanır. Eğer i ’nci odaklanma ve j ’nci odaklanma birbirine yakınsa, görsel üzerindeki bir (i, j) noktası siyah, aksi halde beyazdır. Böylece Göz hareketlerinde elde edilen tekrarlar grafiklerinin kullanılmasının mümkün olduğu gösterildi [17].

Dokuz katılımcının katıldığı ve ısı haritasından farklı olarak üç boyutlu (3B) noktasal bir görsel grafik kullanıldığı [18]’de, amaç diğer yöntemlerde alınamayan döndürme(rotate) ve yakınlaştırma(zoom) özellikleri dikkate alındı. Çalışmada, farklı renkler farklı kullanıcıları temsil etmektedir. Elde edilen sonuçlar 2B çizimlerinden daha etkili olduğunu gösterdi. Birden fazla katılımcının dahil edilebildiği çizimde kullanıcıların paralel ilerleyen ya da farklılaşan göz hareketleri oldukça net fark edildi[18]. Isı haritasına farklı bir bakış kazandırmak için hazırlanan [19]’da iki farklı algoritma sunuldu. Birincisi, ısı haritası verilerini ham sayılara dönüştürmek için ısı haritasına sahip videolar içindir. Algoritma, ısı haritasını içeren videoyu alır ve karelere böler. Her karede, ısı haritasının konumunu şu şekilde belirler: belirli renk değerlerini aramak ve ardından her karede ısı haritasının konumunu görüntülemektir. Algoritma ayrıca sabitleme noktalarını ve videonun tamamı için her bir sabitlemenin ne kadar sürdüğünü hesaplar. İkinci algoritma, birincinin tersini yapmaktır ve bu, göz hareketinin ham verilerini bir ısı haritasına dönüştürmektir. Sonuçta ısı haritalarına ayrıntılı bakış kazandırdı [19]. [20]’de statik veya dinamik bir sahnede bakış sıralamalarının araştırılmasını ve karşılaştırılmasını kolaylaştıran bir göz izleme görselleştirme prototipi olan eSeeTrack ağaç yapısı kullanıldı. Ağaç yapısı cerrahi ve mağaza alanında yapılan incelemelerde durum geçişleri ve sıralı öğeleri görselleştirebileceğini göstermektedir[20]. Özmen ve ark.

göz hareketlerini dikkate alarak e-ticaret süreçlerinde kullanıcıların/müşterilerin gizlilik sözleşmelerine ne ölçüde dikkat ettiklerini ortaya koydular. Z kuşağındaki katılımcıların sözleşme metninin taraflar ve yükümlülükler bölümüne daha fazla odaklandıklarını ortaya koydular. Genel olarak katılımcıların sözleşme metninin son bölümüne daha çok odaklandıkları, orta bölümüne ise odaklanmalarının daha az olduğu gösterildi [21]. Baştuğ ve ark. okuyucuların sesli ve sessiz okuma sırasındaki göz hareketlerini incelediler. Göz kırpması sayısı ve süresi sesli okumada sessiz okumaya göre daha yüksek, duraksama sayısı ve duraksama süre ortalaması sesli okumada, sessiz okumaya göre farklılık olduğunu gösterdiler [22].

3. Metod

Bu makalede, okunan belge tipinin belirlenmesi için Şekil 4'te verilen model kullanıldı. Model göz hareketlerinden elde edilen konum ve göz bebeği boyutunu kullanır. İlk olarak veri seti lineer interpolasyon yöntemi ile çoğullanmıştır. Daha sonra konum ve göz bebeği boyut sinyallerinden spektrogram görüntüleri elde edildi. Spektrogram görüntüleri Alexnet mimarisine verilerek özellik çıkarımı yapıldı. Son olarak özellik vektörü DVM ile sınıflandırıldı. Elde edilen sonuçlar aynı modelde Isı haritası ve Scatter grafiklerinin kullanılması ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldı.



Şekil 4. Önerilen Metod.

Adım 1: Başlangıç adımında MPIIDPEye[23] veriseti kullanıldı. 21-45 yaş aralığındaki katılımcılara komedi, gazete ve metin türlerinde farklı oranlarda resim ya da metin içeren dökümanlar okutularak video tabanlı olarak göz hareketleri kaydedilmiştir. Okuma öncesinde kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmemiş olup ve her bir gönüllü için maksimum 10 dakika okuma süresi verilmiştir. 10 erkek ve 10 kadın olmak üzere 20 katılımcının olduğu çalışmada elde edilen göz hareketleri .csv dosyasına yazılarak ham veriler oluşturulmuştur. Katılımcıların çoğu, çok çeşitli konulardan (örneğin, dil bilimi, psikoloji, işletme, bilgisayar bilimi) ve farklı ülkelerden (örneğin, Hindistan, Pakistan, Almanya, İtalya) gelen lisans ve yüksek lisans öğrencileridir. Tüm katılımcıların göz izleme çalışmaları ile hiç veya çok az deneyimi vardı ve normal veya düzeltilmiş-normal görüşe sahipti. Kayıt için Windows 10 çalıştıran bir masaüstü bilgisayar, 24" bilgisayar ekranı ve bilgisayara USB aracılığıyla bağlanan Oculus DK2 sanal gerçeklik başlığından oluşan aparatlar kullanıldı. Veri setinin tercih edilmesinde hareketlerin zaman damgalı kaydedilmesi etkili oldu. Veri setinde eye-position (X-Y koordinatları), pupil diameter (Göz bebeği boyutu), zaman özellikleri bulunur.

Adım 2: İkinci adımda derin öğrenme ile işlemek için yetersiz olan veriler çoğullandı. Bu adımda ezberleme işleminin önüne geçilebilmesi için formül 1 de belirtilen lineer olmayan denklem tercih edildi.

$$C_{yeni} = (1 - u^2) \times A_1 + u^2 \times B_1 \quad (1)$$

Bu formülde A ve B ardışık iki katılımcıyı temsil ederken u değeri 0 ile 1 arasında 9 değer elde etmemizi sağlayan artan değerdir. Bu işlemin sonunda her bir doküman türü için 20 katılımcıdan $(19 \times 9) + 20 = 191$ veriye ulaşılar.

Adım 3: Üçüncü adım görselleştirme adımdır. Bu adımda ısı haritası, scatter grafiği ve önerilen spektrogram teknikleri kullanıldı.

Adım 4: Görsel veriler Alexnet mimarisine giriş olarak verildi. Bu çalışmada Alexnet özellik çıkarıcı olarak kullanıldı ve fc8 katmanındaki özellikler elde edildi. Göz bebeği ve göz pozisyonu ile görsellerinden elde edilen özellik vektörleri birleştirildi.

Adım 5: Bu adımda tüm göz hareketlerine ait özellikleri içeren görseller sınıflandırma basamağına iletili. DVM(Destek Vektör Makinesi) algoritmasının kullanıldığı bu adımda göz hareketlerinden hangi tür doküman okunulduğu bilgisine ulaşıldı.

4. Değerlendirme ve Tartışma

Çalışmada, verilerin %70'i eğitim %30'u test olarak kullanıldı. Isı haritasına tüm veriler dahil edilirken, Scatter grafiğinde göz koordinatları ve gözbebeği özellikleri ayrı ayrı görselleştirilerek Alexnet fc8 katmanı ile birleştirildi. Scatter için yapılan birleştirme işlemi spektrogram için de yapıldı. Sınıflandırmanın performans değerlendirilmesi için karmaşıklık matrisi kullanıldı. Karmaşıklık matrisi parametreleri tablo 2'deki gibidir. Böylece mevcut özelliklerin yansıtıldığı görseller oluşturuldu. Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 her bir görselleştirme tekniğinin sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 2. Karmaşıklık Matrisi

		Tahmin Edilen Sınıflar	
Gerçek Sınıflar	tn	fp	
	fn	tp	

Burada kullanılan TP, doğru-pozitifleri; TN, doğru-negatifleri; FP, yanlış-pozitifleri; FN, yanlış-negatifleri belirtmektedir. Bu metrikler başarı ölçümü için Doğruluk, Kesinlik, F1-Skor değerlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{tp+tn}{tp+tn+fp+fn} \quad (2)$$

$$\text{Kesinlik} = \frac{tp}{tp+fp} \quad (3)$$

$$\text{F1 Skor} = \frac{2tp}{2tp+fp+fn} \quad (4)$$

Scatter grafik tekniği ile elde edilen sonuçlara göre %87,83 genel başarı oranı elde edildi. En yüksek başarı düzeyine gazete türünde ulaşıldı.

Tablo 3. Scatter Tekniğinin Sonuçları.

Tür	Doğruluk	Kesinlik	F1-Skor
Komedi	91.01	0.87	0.87
Gazete	94.18	0.90	0.91
Metin	90.48	0.86	0.86

Isı haritası sonuçları gözlemlendiğinde ise oldukça yüksek değerler elde edildi. Genel ortalama %99,42 olarak saptanırken en başarılı değerler yine gazete alanında elde edildi.

Tablo 4. Heatmap Tekniğinin Sonuçları.

Tür	Doğruluk	Kesinlik	F1-Skor
Komedi	99.42	0.98	0.99
Gazete	100	1.0	1.0
Metin	99.42	1.0	0.99

Spektrogram görselleştirme tekniğinde ise genel başarı %95,24 olarak tespit edildi. Diğer görsel grafik yöntemlerinden farklı olarak en yüksek başarı oranına text doküman tiplerinde elde edildi.

Tablo 5. Spektrogram Tekniğinin Sonuçları.

Tür	Doğruluk	Kesinlik	F1-Skor
Komedi	95.24	0.90	0.93
Gazete	96.3	0.97	0.95
Metin	98.94	0.98	0.98

Daha önce yapılan çalışmalarda ısı haritası ve tarama yolu teknikleriyle yapılan infografik çalışmada %90 başarı elde edilirken nitel anlamda farklı bakış açıları sunarak göz hareketlerinin ağaç yapısı olarak temsil edilebileceği, zoom ya da rotate özelliklerinin görsele yansıtılabileceğine yönelik uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışma spektrogram tekniğini göz izleme çalışmalarına uygulayarak nicel değerler üreten ve kıyaslama imkanı sağlayan öncü çalışmalardandır.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada göz izleme çalışmalarında oldukça önemli rolü olan görselleştirme tekniklerine yeni bir öneri spektrogram kullanımı önerildi. Genellikle kullanımı tercih edilen heatmap tekniğinde çoğullanan verilerdeki değerlerin yakın olması sebebiyle küçük farklılıkların renk gradyanına yansıtılamadığı ve bu durumun yüksek sonuçlara ulaşılmasına neden olmaktadır. Göz izleme çalışmalarında sıkça kullanılan bu teknik ile doğruluk %99,42 elde edildi. Kullanılan üç teknikte en başarılı sonuçların metin ağırlıklı olan gazete ve metin türlerinde olduğu gözlemlendi. Komedi alanında yaygın ve dağınık şekilde gerçekleşen göz hareketlerinin görselleştirmede olumsuz etki oluşturduğu sonucuna varıldı. Kullanılan spektrogram görselleştirme yöntemi sayesinde başarılı sonuçlar elde edildi. Daha önce göz izleme uygulamalarında hiç kullanılmayan spektrogram tekniğinin başarılı olduğu kanıtlandı ve %95,24 doğruluk değeri elde edildi.

Göz çalışmalarında maliyet faktörü etkili olduğu için katılımcı sayısı sınırlı tutulmaktadır. Bu durum araştırmacıları makine öğrenmesi çalışmalarına yönlendirmektedir. İnterpolasyon yöntemi ile verileri çoğullayarak incelenen probleme çözüm önermekteyiz.

Kaynaklar

- [1] S. V. Kulkarni and K. Sangeeta, "Techniques for Visual Analysis of Eye Tracking Data," 2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), 2018, pp. 525-530, doi: 10.1109/ICGCIoT.2018.8753026.
- [2] T. E. Hutchinson, K. P. White, W. N. Martin, K. C. Reichert, and L. A. Frey, "Human-computer interaction using eyegaze input", IEEE Trans., Syst. Man Cybern. Vol. 19, No. 6, 1527-1534, 1989.
- [3] O. Špakov and D. Miniotas. "Visualization of Eye Gaze Data using Heat Maps", Electronics and Electrical Engineering, 2:55-58, 2007.
- [4] D.S. Wooding. "Fixation Maps: Quantifying Eye-movement Traces", Proc. Eye tracking Research & Applications, pp. 31-36, 2002.
- [5] <https://listelist.com/goz-takibi-arastirmasi/>. [Erişim Tarihi:05/12/2022].
- [6] <https://hci.cc.metu.edu.tr/tr/goz-izleme/>. [Erişim Tarihi:05/12/2022].
- [7] Saunders F. A., Hill W. A. and Franklin B., "A Wearable Tactile Sensory Aid for Profoundly Deaf Children," Journal of Medical Systems, vol. 5, no. 4, pp. 265-270, 1981.
- [8] Deller J. R., Proakis J. G. and Hansen J. H., Discrete Time Processing of Speech Signals, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR, 1993.
- [9] H. Y. Tsang, M. Tory and C. Swindells, "eSeeTrack—Visualizing Sequential Fixation Patterns," in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 16, no. 6, pp. 953-962, Nov.-Dec. 2010, doi: 10.1109/TVCG.2010.149.
- [10] P. Kasproski and K. Harezlak, "VisDaT – Vision Diagnostics and Treatment System for Children with Disabilities," 2017.
- [11] O. Kubus and K. Çağıltay, "E-Devlet Siteleri Görme Engelliler için Erişilebilir mi?," in TBD Bilişim Kurultayı, 2006.
- [12] S. Djamasbi, M. Siegel, and T. Tullis, "Generation Y, web design, and eye tracking," Int. J. Hum. Comput. Stud., vol. 68, no. 5, pp. 307–323, 2009.

- [13] Akcan D., “Flow Experience And Achievement Of Advergames On Software Developers: An Eye-Tracking Analysis”, Çankaya Üniversitesi,2019.
- [14] ZİNDEREN, A. Veri Gazeteciliğinde Görsel Hikâye Anlatımı: Haberde Görselleştirme ve İnfografik Tasarım Üzerine Bir Göz İzleme Çalışması. MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10(3), 1861-1877.
- [15] Bağcı E., “Türkiye Temali Tanıtım Filmlerinin Tüketici Zihninde Yarattığı Etkilerin Nörobilim Araçları İle Analizi: (Eeg Ve Göz İzleme)”, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2022.
- [16] Lee, J. Cha, J. Seo and O. Kwon, "User interest visualizing and analysing system using eye gaze," 2015 17th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), 2015, pp. 275-278, doi: 10.1109/ICACT.2015.7224802.
- [17] P. Kasprowski and K. Harezlaky, "Gaze self-similarity plots as a useful tool for eye movement characteristics analysis," 2016 IEEE Second Workshop on Eye Tracking and Visualization (ETVIS), 2016, pp. 6-10, doi: 10.1109/ETVIS.2016.7851157.
- [18] S. V. Kulkarni and K. Sangeeta, "Techniques for Visual Analysis of Eye Tracking Data," 2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), 2018, pp. 525-530, doi: 10.1109/ICGCIoT.2018.8753026.
- [19] Othman, Youssef & Khalaf, Mahmoud & Ragab, Ahmed & Salaheldin, Ahmed & Ayman, Reham & Sharaf, Nada. (2020). Eye-To-Eye: Towards Visualizing Eye Gaze Data. 729-733. 10.1109/IV51561.2020.00128.
- [20] H. Y. Tsang, M. Tory and C. Swindells, "eSeeTrack—Visualizing Sequential Fixation Patterns," in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 16, no. 6, pp. 953-962, Nov.-Dec. 2010, doi: 10.1109/TVCG.2010.149.
- [21] E. Özmen, E. Karaman, “E-Ticaret Sitelerindeki Gizlilik Sözleşmelerinin Göz Hareketlerini İzleme Yöntemiyle İncelenmesi”, Journal of Business in The Digital Age , 3 (2) , 108-116, 2020.
- [22] M. Baştuğ, K. Keskin, İ. Şimşek, “Sesli ve Sessiz Okumada Göz Hareketleri: Bir Göz İzleme (Eye Tracking) Çalışması”,. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi , Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Armağan Özel Sayısı , 327-337, 2019
- [23] Julian Steil, Inken Hagestedt, Michael Xuelin Huang, and Andreas Bulling. 2019. Privacy-aware eye tracking using differential privacy. In Proceedings of the 11th ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications (ETRA '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 27, 1–9. DOI:https://doi.org/10.1145/3314111.3319915.