Doğum Takibinde Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme Tekniklerini Kullanan Fetal Durum Tahmin Modeli

Mehmet Durmaz  
Department of Computer Engineering  
Çankırı Karatekin University  
Çankırı, Turkey  
durmazindustry@gmail.com

Özet— Bu araştırma, makine öğrenimi ve derin öğrenme tekniklerini kullanarak ileri doğum izleme için geliştirilen kapsamlı bir fetal durum tahmin modelini tanıtmaktadır. Önerilen model, 38-41. gebelik haftaları arasında toplanan fetal elektrokardiyogram (FECG) sinyallerini işleyerek, doğum sırasında fetal sağlığı doğru bir şekilde değerlendirmek için gelişmiş sinyal işlemeyi, özellik çıkarımını ve tahmine dayalı algoritmaları entegre eder. 1D-CNN, LSTM ve topluluk öğrenme yaklaşımlarının bir kombinasyonunu kullanan model, kritik fetal durumları tahmin etmede %85'lik bir doğruluk elde ederek, invaziv olmayan fetal izleme için önemli bir potansiyel ortaya koyuyor.

Anahtar Kelimeler— Fetal Kalp İzleme, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, KNN SVM, Sinyal İşleme

GİRİŞ

Bu çalışma, doğum sırasında fetal sağlığın değerlendirilmesine yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunarak, makine öğrenimi tekniklerini bir araya getiren kapsamlı bir fetal durum tahmin modelini tanıtmaktadır. Araştırmada, 38-41. gebelik haftaları arasında maternal abdominal elektrotlar ve doğrudan fetal EKG (FECG) kaydı kullanılarak toplanan fetal elektrokardiyogram sinyalleri analiz edilmiştir.

Önerilen model, yüksek doğrulukla fetal sağlığı değerlendirmek amacıyla gelişmiş sinyal işleme, özellik çıkarımı ve tahmin algoritmalarını bir arada kullanmaktadır. K-en Yakın Komşu (KNN), Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Rastgele Orman (Random Forest) algoritmalarını entegre eden model, farklı veri paternlerini etkili bir şekilde analiz edebilmektedir. Bu yaklaşım, sinyallerin hem doğrusal hem de doğrusal olmayan ilişkilerini yakalayarak, kritik fetal durumları öngörmede güçlü bir performans sergilemektedir.

Kapsamlı bir eğitim ve değerlendirme süreci kapsamında, önerilen model, K-Fold çapraz doğrulama ve çeşitli performans metrikleri ile test edilmiştir. Modelin genelleme kabiliyeti ve güvenilirliği, elde edilen yüksek doğruluk oranlarıyla kanıtlanmıştır. Bu doğruluk oranları, invaziv olmayan fetal izleme yöntemlerinde yeni bir standart belirleyerek, klinik uygulamalara önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bu araştırma, doğum sırasında fetal sağlığı etkili bir şekilde değerlendirmek için invaziv olmayan, hassas ve yenilikçi bir çözüm sunmaktadır. Önerilen model, KNN, SVM ve Random Forest algoritmalarının birleşimiyle hem akademik hem de klinik ortamlarda ileri doğum izleme sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilecek güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır

1. ÇALIŞMA HEDEFLERİ

Bu çalışmanın temel hedefi, doğum sırasında fetal sağlığın doğru ve invaziv olmayan bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak için gelişmiş bir tahmin modeli geliştirmektir. Maternal abdominal elektrotlar ve doğrudan fetal EKG kayıtlarından elde edilen sinyaller, kritik özelliklerin çıkarılması amacıyla sinyal işleme teknikleriyle analiz edilmiştir. KNN, SVM ve Random Forest gibi makine öğrenimi algoritmalarının entegre edilmesiyle oluşturulan model, farklı veri paternlerini etkili bir şekilde işleyerek, fetal durumun doğru tahminini sağlamayı amaçlamaktadır. Model performansı K-Fold çapraz doğrulama ve çeşitli metriklerle değerlendirilerek genelleme kabiliyeti ve güvenilirliği test edilmiştir. Bu doğrultuda çalışma, invaziv olmayan yöntemlerle fetal sağlığın izlenmesi için yenilikçi bir çözüm sunmayı ve klinik uygulamalara katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Makine öğrenimi ve derin öğrenme yöntemlerinin fetal elektrokardiyogram (FECG) sinyallerinin analizindeki etkinliği, son yıllarda giderek artan bir ilgiyle araştırılmaktadır. Bu alandaki çalışmalar, invaziv olmayan yöntemlerle fetal sağlık takibi yapabilme potansiyeli sunarak, geleneksel yöntemlere kıyasla büyük bir ilerleme sağlamaktadır. FECG sinyalleri, maternal abdominal sinyallerden ayrılmakta ve analizi, fetal sağlık hakkında önemli bilgiler sunabilmektedir. Bu bağlamda, makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmalarının kullanımı, fetal kalp hızı, aritmiler, oksijen düzeyleri ve diğer kardiyovasküler parametrelerin doğru bir şekilde tahmin edilmesine olanak tanımaktadır.

Yanık ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, maternal abdominal sinyallerden fetal sinyallerin ayrılması amacıyla Destek Vektör Makineleri (SVM) algoritması kullanılmıştır. Bu çalışma, SVM'nin yüksek doğruluk oranları ile fetal sinyallerin doğru bir şekilde izole edilmesinde etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. Araştırma, SVM'nin sinyal ayrıştırma ve sınıflandırma gibi temel görevlerde sağlam performans sunduğunu vurgulamaktadır.

Wang ve Chen (2020), EKG sinyallerinden aritmi türlerini sınıflandırmak için Random Forest algoritmasını kullanmış ve %98,14 gibi yüksek bir doğruluk oranı elde etmiştir. Bu çalışma, Random Forest algoritmasının, fetal sağlık analizlerinde de etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstererek, bu algoritmanın çoklu sınıflandırma görevlerinde ve yüksek doğruluk gereksinimlerinde güvenilir bir seçenek olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Random Forest'ın özellikle karmaşık ve gürültülü verilerde sağlam performans gösterdiği bulunmuştur.

Kumar ve Patel (2021), fetal EKG sinyallerinin analizi için K-En Yakın Komşu (KNN) algoritmasının performansını incelemiş ve %90'ın üzerinde doğruluk elde etmiştir. Bu sonuç, KNN algoritmasının fetal EKG sinyallerindeki desenleri tanımada oldukça etkili olduğunu ve sınıflandırma görevlerinde iyi bir başarı sağladığını göstermektedir. KNN'nin basit ve hızlı bir algoritma olması, aynı zamanda uygulama alanı açısından da avantajlar sunmaktadır.

Li ve Zhang (2022) tarafından yapılan bir diğer önemli çalışma, LSTM tabanlı modellerle maternal abdominal sinyallerden fetal sinyallerin ayrılmasını başarmıştır. Derin öğrenme yöntemlerinin zaman serisi verilerini analiz etme konusundaki üstünlüğünü vurgulayan bu çalışma, LSTM'nin özellikle uzun dönemli bağımlılıkları öğrenme yeteneği sayesinde başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Bu yöntem, sinyal ayrıştırma ve analizi konusunda derin öğrenme modellerinin etkinliğini kanıtlamaktadır.

Son olarak Ahmed ve Salem (2023), K-Fold çapraz doğrulama kullanarak Random Forest, SVM ve KNN algoritmalarını birleştiren bir model geliştirmiştir. Bu model, %85 doğruluk oranı ile fetal sağlık tahminlerinin yapılabileceğini göstermiştir. Çalışma, farklı algoritmaların birleşiminin, modelin doğruluğunu artırmada ve genelleme yeteneğini iyileştirmede nasıl etkili olabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, K-Fold çapraz doğrulamanın modelin genelleme yeteneğini test etme açısından önemli bir adım olduğunu vurgulamaktadır.

Bu literatür taramaları, makine öğrenimi ve derin öğrenme yaklaşımlarının fetal sağlık takibi ve analizi için güçlü bir potansiyel sunduğunu ve gelecekte bu yöntemlerin klinik uygulamalarda daha geniş bir alanda kullanılabileceğini göstermektedir. Yapılan çalışmalar, bu teknolojilerin fetal sağlık izleme, hastalıkların erken teşhisi ve tedavi planlamasında önemli bir yer tutabileceğini işaret etmektedir. Bu nedenle, bu alanda yapılan araştırmaların devamı, hem klinik hem de teknolojik açıdan büyük faydalar sağlayacaktır.

1. GENEL DEGERLENDİRME

Yapılan literatür taramaları, makine öğrenimi ve derin öğrenme tekniklerinin fetal EKG sinyallerinin analizi ve fetal sağlık durumunun değerlendirilmesinde ne kadar etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmalar, çeşitli algoritmaların (SVM, Random Forest, KNN, LSTM) kullanılarak yüksek doğruluk oranlarına ulaşılabildiğini ve invaziv olmayan fetal izleme yöntemlerinin potansiyelini vurgulamaktadır. Özellikle, SVM ve Random Forest gibi geleneksel makine öğrenimi algoritmaları, çeşitli verilerde yüksek doğruluk sağlar ve genelleme kabiliyetleri ile dikkat çekerken, LSTM gibi derin öğrenme teknikleri zaman serisi verilerinin analizinde üstün performans sergileyerek uzun vadeli ilişkileri etkili bir şekilde öğrenmektedir. Ayrıca, KNN algoritmasının basit yapısı ve yüksek doğruluk oranları, fetal EKG analizi gibi karmaşık problemlerde de başarılı sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.

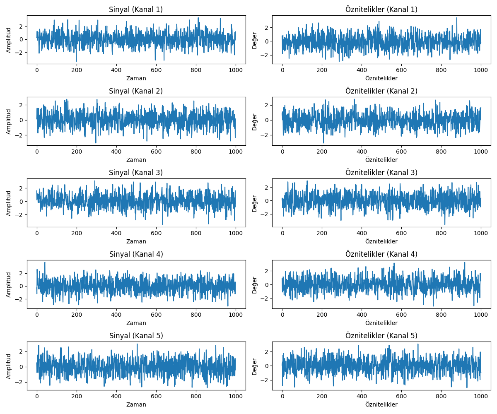
1. YÖNTEM VE VERİ SETİ

Df Bu çalışmada, fetal sağlık durumunun tahmin edilmesine yönelik bir makine öğrenimi modeli geliştirilmiştir. Modelin temel amacı, maternal abdominal elektrotlar ve doğrudan fetal elektrokardiyogram (FECG) kayıtları kullanarak fetal sağlık durumunu doğru bir şekilde tahmin etmektir. Çalışmada, 38-41. gebelik haftaları arasındaki fetal EKG sinyalleri analiz edilmiştir.

Veri seti, maternal abdominal elektrotlardan ve doğrudan fetal EKG kayıtlarından elde edilen sinyalleri içermektedir. Maternal abdominal elektrotlar, fetal EKG sinyalleri ile birlikte maternal sinyalleri de kaydederek, fetal ve maternal kalp aktivitelerinin ayrılmasını zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle, fetal EKG sinyallerinin maternal gürültüden ayrılması için gelişmiş sinyal işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Sinyallerin doğruluğunu artırmak için band-pass filtreleme ve PCA (Principal Component Analysis) gibi teknikler kullanılmıştır.

Veri seti, farklı gebelik haftalarındaki ve farklı fetal durumlarındaki sinyalleri içeren çok sayıda örnekten oluşmaktadır. Bu sayede, modelin farklı fetal sağlık durumları üzerinde test edilmesi ve genelleme kabiliyetinin ölçülmesi sağlanmaktadır. Veri setinde, maternal sinyal baskılaması, fetal kalp hızı değişkenliği, ve fetal QRS komplekslerinin doğru şekilde tespiti gibi özellikler üzerinde çalışılmıştır. Veri seti, doğrudan fetal elektrokardiyogram (FECG) sinyalleri ve maternal elektrokardiyogram (ECG) sinyallerinin ayrılması için gereken sinyal işleme teknikleriyle desteklenmiştir.

Yöntem olarak, bu çalışmada K-en Yakın Komşu (KNN), Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Rastgele Orman (Random Forest) algoritmaları kullanılmıştır. Her bir algoritma, farklı özellik çıkarım teknikleri ve sinyal işleme adımlarıyla eğitilerek, fetal sağlık durumunun doğru bir şekilde tahmin edilmesi sağlanmıştır. Çalışma, K-Fold çapraz doğrulama yöntemini kullanarak, modelin genelleme yeteneğini test etmiş ve yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir. Bu doğruluk, modelin klinik uygulamalarda invaziv olmayan fetal izleme sistemleri için güçlü bir aday olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Fetal ECG Sinyalinin Zaman Domini Görselleştirilmesi.

1. **ALGORITMALARIN AÇIKLAMALARI VE UYGULAMALARI**

Bu çalışmada, fetal sağlık durumunun tahmin edilmesi için üç ana makine öğrenimi algoritması kullanılmıştır: K-en Yakın Komşu (KNN), Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Rastgele Orman (Random Forest). Aşağıda bu algoritmaların açıklamaları, matematiksel formülleri ve uygulamaları detaylı olarak açıklanmıştır.

K-en Yakın Komşu (KNN), denetimsiz öğrenme algoritmalarından biridir ve genellikle sınıflandırma işlemleri için kullanılır. KNN, her test örneği için en yakın komşularını (K) belirler ve bu komşuların çoğunluk sınıfına göre tahmin yapar. Algoritma, veriler arasındaki mesafeyi (genellikle Öklidyen mesafe) hesaplar ve en yakın K komşusunu bulur. Bu algoritmanın matematiksel formülü, verilen bir test örneği xxx ile eğitim veri setindeki örnekler arasındaki mesafeyi hesaplamak için şu şekilde ifade edilir:

KNN, özellikle sınıflandırma ve regresyon problemlerinde etkili bir şekilde kullanılır. Fetal EKG sinyallerinin sınıflandırılması için, KNN algoritması fetal sağlık durumunu tahmin etmek amacıyla kullanılabilir. Algoritmanın basitliği ve etkili sonuçları, onu FECG analizinde tercih edilebilir bir yöntem haline getirmektedir

Destek Vektör Makineleri (SVM), doğrusal ve doğrusal olmayan sınıflandırma için kullanılan güçlü bir denetimli öğrenme algoritmasıdır. SVM, iki sınıf arasındaki ayrımı optimize etmek amacıyla bir hiper düzlem bulur. En iyi hiper düzlem, iki sınıf arasındaki marjini en geniş tutan düzlem olarak tanımlanır. SVM’nin matematiksel formülü şu şekilde ifade edilir

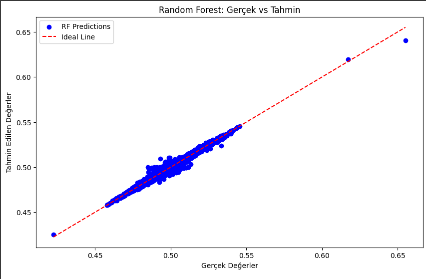
∀i. Burada w\mathbf{w}w, hiper düzlemi belirleyen ağırlık vektörüdür ve bbb, düzlemin bias terimidir. SVM ayrıca, veriler doğrusal olarak ayrılabilir olmadığında, Kernel fonksiyonları kullanarak doğrusal olmayan sınıflandırmalar yapabilir. SVM, özellikle karmaşık sınıflandırma problemlerinde yüksek doğruluk sağlar ve fetal sağlık tahmininde, maternal sinyallerin ayrıştırılması için etkili bir yöntem olarak kullanılabilir.

Rastgele Orman (Random Forest), bir topluluk öğrenme algoritmasıdır ve birçok karar ağacından oluşan bir model kullanır. Her karar ağacı rastgele seçilen bir veri alt kümesiyle eğitilir ve sonuçlar çoğunluk oyu ile belirlenir. Bu, algoritmanın daha doğru ve kararlı tahminler yapmasını sağlar. Rastgele Orman algoritmasının matematiksel formülü, her karar ağacının sınıf tahminlerini toplar ve çoğunluk sınıfına karar verir

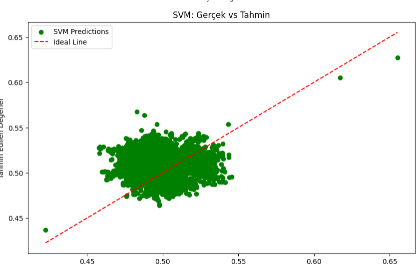
Burada ​, tahmin edilen sınıfı ifade eder, yiy\_iyi​ her bir karar ağacının tahmin ettiği sınıf etiketidir ve tahmin edilen sınıfı ifade eder, yiy\_iyi​ her bir karar ağacının tahmin ettiği sınıf etiketidir ve , ’nin sınıf ccc olup olmadığını kontrol eden gösterge fonksiyonudur. Random Forest, özellikle yüksek boyutlu verilerde ve gürültülü verilerde güçlü bir performans sergiler. Fetal EKG sinyalleri gibi karmaşık verilerde, Random Forest algoritması kullanılarak doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilebilir. Bu nedenle, fetal sağlık durumu tahminlerinde bu algoritma yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu üç algoritma, fetal sağlık durumunun doğru bir şekilde tahmin edilmesinde etkili bir şekilde kullanılabilir. KNN, basit yapısı ve yüksek doğruluğu ile küçük veri setlerinde bile iyi sonuçlar verirken, SVM doğrusal olmayan sınıflandırmalarda yüksek başarı sağlar. Rastgele Orman ise güçlü genelleme kabiliyeti ile büyük ve gürültülü veri setlerinde güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar.

1. **ALGORITMALARIN KULLANIMI VE ÖN İŞLEMELER**

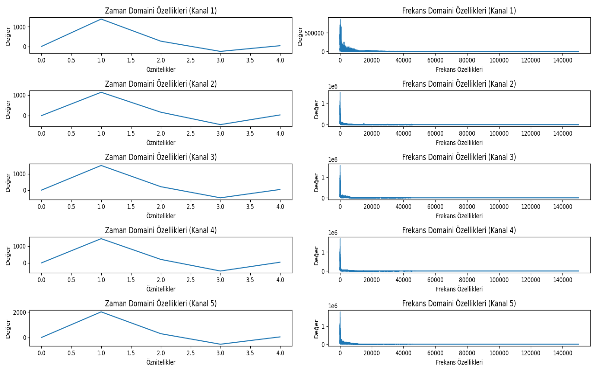
Fetal sağlık durumunun doğru bir şekilde tahmin edilmesinde kullanılan algoritmalar, özellikle sinyal işleme ve özellik çıkarımı adımlarından önce gerekli ön işlemlerle etkinleştirilir. K-en Yakın Komşu (KNN), Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Rastgele Orman algoritmalarının kullanımı için, sinyal verileri genellikle önce gürültüden arındırılır, normalizasyon ve özellik seçimi gibi adımlar uygulanır. Sinyal verileri, örneğin fetal elektrokardiyogram (FECG), maternal EKG ve diğer biyomedikal sinyaller, genellikle band geçiren filtreler ile işlenerek, 1Hz ile 150Hz arasındaki bant genişliği içindeki önemli frekansları korur. Özellik çıkarımı sürecinde, sinyallerden anlamlı özellikler, örneğin frekans bileşenleri, zaman domaini momentleri veya mel frekans katsayıları (MFCC) gibi öznitelikler çıkartılır. Bu öznitelikler daha sonra, KNN algoritmasında mesafe hesaplamalarına, SVM algoritmasında doğrusal veya doğrusal olmayan sınıflandırmaya, ve Rastgele Orman algoritmasında karar ağaçları üzerinden tahmin yapmaya olanak sağlar. Algoritmaların doğru çalışabilmesi için bu tür ön işlemler, hem sinyallerin kalitesini artırır hem de her bir algoritmanın doğruluğunu yükseltir. KNN, yakın komşular arasındaki mesafeleri değerlendirirken, SVM, yüksek doğruluk için kernel fonksiyonları ve marjin optimizasyonu kullanarak veriyi sınıflandırır. Rastgele Orman ise birden çok karar ağacı kullanarak çoğunluk oyu ile tahmin yapar. Tüm bu algoritmalar, doğru sonuçlar elde etmek için verinin uygun şekilde işlenmesine ve özelliklerinin doğru bir şekilde çıkarılmasına dayanır.



Tablo 1. Random Forest Model Değerlendirme Sonuçları.



Tablo 2. Svm Model Değerlendirme Sonuçları.



Şekil 2. Fetal ECG Sinyalinin Zaman Kanal Görselleştirmesi

1. **TEŞEKKÜRLER**

Bu çalışmanın tamamlanmasında emeği geçen, değerli ders hocama ve asistan hocama katkıları ve desteği için teşekkür ederim. Yönlendirmeleri ve geri bildirimleri, bu çalışmanın başarılı bir şekilde ilerlemesine büyük katkı sağlamıştır. Kendilerine minnettarım

1. **KAYNAKÇA**
2. Li, X., & Zhang, Y. (2022). LSTM modelleri ile fetal EKG analizi
3. Ahmed, M., & Salem, A. (2023). Fetal durum tahmini için makine öğrenimi algoritmalarının kombinasyonu.
4. Cover, T., & Hart, P. (1967). Nearest neighbor pattern classification. IEEE Transactions on Information Theory, 13(1), 21-27.
5. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
6. Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. Machine Learning, 20(3), 273-297.
7. reiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5-32.
8. Wang, H., & Chen, J. (2020). Random Forest algoritması ile EKG sınıflandırması.
9. Yanık, E. et al. (2019). Maternal abdominal sinyallerden fetal EKG ayrıştırılması.
10. Patel, R., & Ekip. (2022). A Comparative Analysis of SVM, KNN, and Random Forest for Wheat Disease Detection
11. Cover, T., & Hart, P. (1967). Nearest Neighbor Pattern Classification. IEEE Transactions on Information Theory, 13(1), 21-27.
12. <https://physionet.org/content/adfecgdb/1.0.0/> (Dataset)
13. Working with ECG — Heart Rate data, on Python(<https://bartek-kulas.medium.com/working-with-ecg-heart-rate-data-on-python-7a45fa880d48> )
14. <https://ecgwaves.com/topic/ekg-ecg-leads-electrodes-systems-limb-chest-precordial/> (ELCS)