



MAKİNE VE METAL TEKNOLOJİLERİ

İMALAT YÜRÜTME SİSTEMLERİ OPERATÖRLÜĞÜ PR.

YAPAY ZEKA VE MAKİNE ÖĞRENMESİ

MUHAMMED ARDA SARI

24231401016

24231401016@subu.edu.tr

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASI (RANDOM FOREST ALGORİTHM)

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASI NEDİR?

Birden çok karar ağacı üzerinden her bir karar ağacını farklı bir gözlem örneği üzerinde eğiterek çeşitli modeller üretip, sınıflandırma oluşturmanızı sağlamaktadır.

Kullanım kolaylığı ve esnekliği; hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerini ele aldığı için benimsenmesini ve kullanımının yaygınlaşmasını hızlandırdı.

Algoritmaya yönelik en beğenilen nokta ise; veri kümeniz üzerinde çeşitli modellerin oluşturulması ile kümenizi yeniden ve daha derin keşfetme imkanı sunmasıdır.

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASI: SINIFLANDIRMA MI, KÜMELEME MI?

Rastgele Orman (Random Forest), denetimli öğrenme (supervised learning) algoritmaları arasında yer alan güçlü bir yöntemdir. Temelinde çok sayıda karar ağacından oluşan bu yöntem, sınıflandırma ve regresyon problemlerinde kullanılır. Rastgele Orman algoritması, veri noktalarının önceden tanımlı sınıflara atanmasını sağladığı için sınıflandırma problemiyle ilişkilidir. Öte yandan, kümeleme (clustering) algoritmaları ise verideki gizli yapıları keşfetmek amacıyla etiketlenmemiş veriler üzerinde çalışır. Bu bağlamda Rastgele Orman algoritması bir kümeleme yöntemi değil, sınıflandırma algoritmasıdır.

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASININ TEMEL PRENSİPLERİ

Rastgele Orman algoritması, veri madenciliği ve istatistiksel öğrenme alanlarında yaygın olarak kullanılan, güçlü ve esnek bir topluluk öğrenme yöntemidir. Temelinde, birden fazla karar ağacının bağımsız olarak inşa edilmesi ve bu ağaçların çıktılarının birleştirilmesi yer alır. Her bir ağaç, eğitim verisinin rastgele seçilmiş bir alt kümesi üzerinde eğitilir ve düğüm bölmeleri sırasında özelliklerin yalnızca rastgele seçilen bir alt kümesi dikkate alınır. Bu yapay çeşitlilik, modelin genellenebilirliğini artırırken, aşırı öğrenmenin önüne geçilmesini sağlar.

Sınıflandırma problemlerinde bireysel ağaçların oy çoğunluğuna dayalı kararlarıyla nihai tahmin yapılırken; regresyon problemlerinde ise bu tahminlerin aritmetik ortalaması alınır. Yüksek boyutlu, karmaşık ve gürültülü veri kümeleriyle etkili biçimde başa çıkabilmesi, algoritmayı çok sayıda mühendislik uygulamasında tercih edilen bir yöntem hâline getirmiştir.

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASININ ÇALIŞMA MANTIĞI

Rastgele Orman algoritması, karar ağaçlarına dayalı bir topluluk öğrenme yöntemidir ve modelin genel başarısını artırmak amacıyla çok sayıda zayıf öğrencinin bir araya getirilmesi prensibiyle çalışır. Algoritmanın temel çalışma mantığı, eğitim verisinden rastgele seçilen örneklem kümeleriyle (bootstrap örneklem) çok sayıda karar ağacı oluşturmaktır. Her ağaç, yalnızca örneklemde bir alt kümesi ile eğitilir ve her bölme (split) noktasında tüm özellikler yerine rastgele seçilmiş bir özellik alt kümesi değerlendirilir.

Bu iki tür rastgelelik – veri örneklemesi ve özellik seçimi – modelin çeşitliliğini artırarak, korelasyonlu hataların etkisini azaltır ve genelleme kabiliyetini güçlendirir. Sınıflandırma problemlerinde her bir ağaçın yaptığı sınıf tahminine göre çoğuluk oyu alınarak karar verilirken, regresyon problemlerinde ağaçların çıktılarının ortalaması hesaplanır. Bu yapı, algoritmayı hem doğruluk hem de kararlılık açısından güçlü bir çözüm haline getirir.

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASININ AVANTAJLARI

Rastgele Orman algoritması, çok sayıda karar ağaçının birlikte çalışması prensibine dayanan bir topluluk öğrenme yöntemidir. Her bir ağaç, eğitim verisinin rastgele örneklenmiş bir alt kümesi üzerinde eğitilir ve düğüm bölme işlemlerinde rastgele seçilen özellik alt kümeleri kullanılır. Bu yapı, modelin çeşitliliğini artırarak aşırı öğrenmeyi (overfitting) azaltır ve genellenebilirliğini güçlendirir.

Yüksek boyutlu, eksik veya gürültülü veri kümeleriyle etkili biçimde çalışabilmesi, algoritmanın öne çıkan avantajlarından biridir. Parametrik olmayan yapısı sayesinde veri dağılımına ilişkin varsayımlar gerektirmez. Ayrıca, değişken önem düzeylerini hesaplayabilmesi, modelin yorumlanabilirliğini artırır ve özellik seçimi süreçlerine katkı sağlar.

Paralel işlemeye uygun olması, büyük veri setlerinde verimli çalışmasına olanak tanır. Bu özellikleriyle Rastgele Orman, mühendislikten biyoinformatiğe kadar çok sayıda teknik ve bilimsel alanda yaygın ve güvenilir bir sınıflandırma yöntemidir.

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASININ SINIRLAMALARI

Rastgele Orman algoritması güçlü ve esnek bir yöntem olmasına rağmen, bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Özellikle çok sayıda karar ağaçının oluşturulması, büyük veri setlerinde yüksek işlem süresi ve bellek kullanımı gibi hesaplama maliyetlerine yol açabilir.

Modelin yapısı, bireysel ağaçlara kıyasla daha az yorumlanabilir olduğundan, açıklanabilirliğin önemli olduğu uygulamalarda dezavantaj oluşturabilir. Ayrıca, dengesiz sınıf dağılımları ve aykırı değerler performansı olumsuz etkileyebilir.

Hiperparametrelerin yanlış seçilmesi hâlinde, model karmaşık desenleri yakalamakta yetersiz kalabilir. Bu nedenle, veri ön işleme ve parametre ayarlamaları dikkatle yapılmalıdır.

BENZER ALGORİTMALARLA KARŞILAŞTIRMALAR

Rastgele Orman algoritması, karar ağaçları temelli topluluk öğrenme yöntemleri arasında önemli bir yere sahiptir ve benzer amaçlarla kullanılan farklı algoritmalarla kıyaslandığında bazı belirgin avantaj ve dezavantajlar ortaya çıkar.

Örneğin, **Karar Ağaçları (Decision Trees)** tek başına yorumlanabilirlik açısından avantajlı olsa da, yüksek varyans nedeniyle genellikle aşırı öğrenmeye (overfitting) daha yatkındır. Rastgele Orman ise birçok ağaç oluşturup sonuçları birleştirerek bu problemi minimize eder ve daha stabil sonuçlar üretir.

Gradient Boosting Machines (GBM) ve **XGBoost** gibi diğer topluluk yöntemleri ise genellikle daha yüksek doğruluk sağlayabilir ancak daha karmaşık yapıları nedeniyle eğitim süresi ve hiperparametre ayarı açısından daha hassastır. Rastgele Orman, bu algoritmalarla kıyasla daha az parametreye sahiptir ve genellikle daha kolay uygulanabilir.

Destek Vektör Makineleri (SVM) ise özellikle yüksek boyutlu ve lineer olmayan veri kümelerinde etkili olmakla birlikte, büyük veri setlerinde eğitim süresi bakımından dezavantajlı olabilir. Rastgele Orman, paralelleştirilebilir yapısıyla bu tür problemlerle başa çıkmakta daha avantajlıdır. Sonuç olarak, rastgele orman algoritması, yüksek genelleme yeteneği, dayanıklılığı ve uygulama kolaylığı nedeniyle çeşitli veri yapıları ve problem tipleri için uygun bir seçenek olmakla birlikte, ihtiyaç duyulan performans, yorumlanabilirlik ve hesaplama kaynakları dikkate alınarak diğer yöntemlerle karşılaştırılarak seçilmelidir.

MES NEDİR?

İmalat Yürütmeye Sistemi (MES), üretim sahasındaki işlemleri gerçek zamanlı olarak izleyen, kontrol eden ve belgeleyen bilgi sistemidir. MES, hammadde girişinden nihai ürün çıkışına kadar olan süreçlerde üretim performansını artırmak, kaliteyi güvence altına almak ve üretim verimliliğini optimize etmek amacıyla operasyonel düzeyde veri sağlar ve yönetim sistemleriyle entegre çalışır.

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASININ İMALAT YÜRÜTMЕ SİSTEMLERİ (MES) İLE UYGUNLUĞU

Rastgele Orman algoritması, imalat yürütme sistemlerinde (MES) veri analitiği ve karar destek süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılabilecek güçlü bir makine öğrenmesi yöntemidir. MES, üretim süreçlerinin gerçek zamanlı izlenmesi ve yönetilmesini sağlarken, büyük hacimli ve karmaşık veri setleri üretir. Bu noktada, Rastgele Orman algoritması, yüksek

boyutlu ve heterojen verilerde yüksek doğrulukla tahmin ve sınıflandırma yapabilme kapasitesiyle ön plana çıkar.

Algoritmanın, üretim hattındaki arıza tespiti, kalite kontrol, iş emri önceliklendirme ve kaynak optimizasyonu gibi kritik fonksiyonlarda kullanılabilirliği, imalat süreçlerinin etkin yönetimine katkı sağlar. Rastgele Orman'ın parametrik olmayan yapısı ve gürültüye karşı dayanıklılığı, MES verilerindeki belirsizlik ve eksik bilgiler karşısında sağlam performans sunar.

Ayrıca, algoritmanın değişken önem derecesi analizleri, üretim parametrelerinin süreç çıktıları üzerindeki etkilerini değerlendirmek için önemli içgörüler sağlar. Bu, süreç iyileştirme ve optimizasyon çalışmalarında karar vericilere rehberlik eder. Paralel işlem yeteneği ise, gerçek zamanlı ya da yakın gerçek zamanlı uygulamalarda hızlı analiz ve tepki süresi gerektiren imalat ortamlarında avantaj sağlar.

Sonuç olarak, Rastgele Orman algoritması, imalat yürütme sistemlerinin veri odaklı karar alma mekanizmalarını güçlendirir, esnek ve güvenilir bir araç olarak MES uygulamalarıyla uyumludur.

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASININ ÜRETİM SİSTEMLERİNİNE ENTTEGRASYONU

Rastgele Orman gibi makine öğrenmesi algoritmalarının üretim sistemlerine entegrasyonu, veri odaklı karar destek mekanizmalarının geliştirilmesi yoluyla gerçekleştirilir. Bu süreç genellikle üç temel aşamada ilerler:

- Veri Toplama ve Ön İşleme:** Üretim hatlarından, sensörlerden ve MES yazılımlarından alınan tarihsel ve gerçek zamanlı veriler temizlenir, eksikler giderilir ve algoritmaya uygun formata dönüştürülür.
- Model Eğitimi ve Doğrulama:** Rastgele Orman modeli, üretimle ilişkili geçmiş verilere (örneğin arıza kayıtları, kalite ölçümleri, çevresel değişkenler) göre eğitilir. Modelin performansı, çapraz doğrulama yöntemleriyle test edilerek doğruluk ve genellenebilirlik düzeyi değerlendirilir.
- Canlı Sisteme Entegrasyon:** Eğitilen model, üretim izleme panellerine, MES yazılımlarına veya kontrol sistemlerine entegre edilerek; anomalii tespiti, kalite tahmini, bakım planlaması veya süreç optimizasyonu gibi işlevler için gerçek zamanlı karar desteği sağlar.

RASTGELE ORMAN ALGORİTMASININ ÜRETİM SİSTEMLERİNDEKİ KULLANIM SENARYOLARI

Rastgele Orman algoritması, üretim sistemlerinde karar destek ve otomasyon süreçlerini güçlendirmek amacıyla çeşitli uygulamalarda başarıyla kullanılabilir. Özellikle yüksek hacimli, değişken ve karmaşık verilerin analizinde sunduğu doğruluk ve esneklik sayesinde aşağıdaki alanlarda etkin çözümler sunar:

- **Kestirimci Bakım:** Ekipman arızalarını gerçekleştirmeden önce öngörerek plansız duruşları en aza indirir.
- **Kalite Kontrol:** Ürünlerin üretim süreci boyunca kalite standartlarına uygunluğunu tahmin eder ve uygunsuzlukları erken aşamada tespit eder.
- **Anomali Tespiti:** Üretim hattındaki olağanüstü durumları ya da saptamaları saptayarak süreç güvenliğini artırır.
- **Ürün Sınıflandırma:** Çeşitli ürünlerin özelliklerine göre doğru kategorilere ayrılmasını sağlar.
- **Operatör/İstasyon Verimlilik Analizi:** İş gücü ve ekipman verimliliğini analiz ederek iyileştirme fırsatları sunar.
- **İş Emri Önceliklendirme:** Mevcut kaynaklara göre üretim planlarını optimize ederek iş emirlerinin sıralamasını belirler.

Bu kullanım senaryoları, Rastgele Orman algoritmasının üretim süreçlerinde hem operasyonel verimlilik hem de stratejik karar alma açısından güçlü bir araç olduğunu göstermektedir.

GERÇEK YAŞAMDAN VEYA LİTERATÜRDEN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

1. Rüzgar Türbinlerinde Gerçek Zamanlı Kestirimci Bakım

Proje Özeti:

Bu çalışmada, rüzgar türbinlerinde arıza tahmini için Rastgele Orman algoritması kullanılmıştır. Sistemde, her türbin için bireysel tahmin modelleri oluşturulmuş ve bu modeller bulut tabanlı bir platformda çalıştırılmıştır. Tahminler, her 10 dakikada bir güncellenerek türbin performansı izlenmiştir. Apache Spark, Kafka ve HDFS gibi büyük veri framework'leri kullanılarak sistemin ölçülebilirliği ve dayanıklılığı artırılmıştır.

MES Entegrasyonu:

Bu sistem, merkezi bir kontrol paneli aracılığıyla tüm türbinlerin durumunu izlemekte ve bakım planlamalarını optimize etmektedir. Bu sayede, operasyonel ve bakım maliyetlerinde azalma sağlanmıştır.

2. Kırık Rotor Çubuğu Tespiti için Elektrik Motoru Arıza Tanıma

Proje Özeti:

Bu çalışmada, line start-permanent magnet synchronous motor (LS-PMSM) arızalarını tanıtmak için Rastgele Orman algoritması kullanılmıştır. Motorun kalkış anındaki geçici akım sinyalleri analiz edilerek, arızalı ve sağlıklı durumlar arasında sınıflandırma yapılmıştır. Elde edilen doğruluk oranları %98.8'e kadar çıkmıştır.

MES Entegrasyonu:

Bu yöntem, üretim hattında motorların durumunu gerçek zamanlı olarak izleyerek, arıza öncesi bakım önlemleri almayı mümkün kılmaktadır. Bu sayede, üretim duruşları azaltılmış ve bakım maliyetleri düşürülmüştür.

3. Akıllı Kestirimci Bakım Sistemi: Endüstriyel Konveyör Bantları Üzerine Bir Uygulama

Makale Özeti:

Bu çalışma, endüstriyel konveyör bantları için akıllı bir kestirimci bakım sistemi sunmaktadır. Rastgele Orman algoritması, dişli kutusu yağ seviyesi ve dişli koşulu gibi çok sınıflı arıza tespiti için kullanılmıştır. Model, diğer algoritmalarla karşılaştırıldığında üstün performans sergileyerek %100 doğruluk oranına ulaşmıştır. Bu sistem, sensör verilerini toplayarak bakım kararlarını proaktif bir şekilde yönlendirmektedir.

MES Entegrasyonu:

Bu sistem, MES ile entegre çalışarak üretim hattındaki ekipmanların durumunu gerçek zamanlı izler ve bakım planlamalarını optimize eder.

4. Otomotiv Üretiminde Kestirimci Bakımın Doğruluğunun Artırılması: Rastgele Orman ve Yapay Sinir Ağları Karşılaştırması

Makale Özeti:

Bu çalışma, otomotiv üretiminde kestirimci bakım doğruluğunu artırmak için Rastgele Orman algoritmasını kullanmaktadır. Algoritma, yapay sinir ağlarıyla karşılaştırıldığında daha yüksek doğruluk ve güvenilirlik sunmuştur. Bu, üretim süreçlerinde arıza öncesi müdahale imkanı tanımaktadır.

MES Entegrasyonu:

Rastgele Orman algoritması, MES ile entegre olarak üretim hatlarındaki ekipmanların durumunu izler ve bakım ihtiyaçlarını tahmin eder.

5. Üretim Ekipmanları için Kestirimci Bakım: Rastgele Orman ve Diğer Makine Öğrenimi Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Makale Özeti:

Bu çalışma, üretim ekipmanları için kestirimci bakımda Rastgele Orman algoritmasını incelemektedir. Algoritma, sınıflandırma ve regresyon yaklaşımlarıyla birlikte kullanılarak arıza tahmini ve kalan kullanım ömrü (RUL) tahmini yapmaktadır. Sonuçlar, Rastgele Orman algoritmasının yüksek doğruluk sağladığını göstermektedir.

MES Entegrasyonu:

Bu yaklaşım, MES ile entegre olarak ekipman arızalarını tahmin eder ve bakım planlamalarını optimize eder.

6. Akıllı Üretim Planlaması ve Kontrolü için Rastgele Orman Algoritması Kullanımı

Makale Özeti:

Bu çalışma, akıllı üretim planlaması ve kontrolü için Rastgele Orman algoritmasını kullanmaktadır. Algoritma, üretim maliyetlerini tahmin etmek ve üretim süreçlerini optimize etmek için uygulanmıştır. Sonuçlar, Rastgele Orman algoritmasının etkinliğini ve doğruluğunu göstermektedir.

MES Entegrasyonu:

Rastgele Orman algoritması, MES ile entegre olarak üretim süreçlerini izler ve optimize eder, böylece kaynak kullanımını ve verimlilik artırır.

7. Machine Learning Algorithms for Predictive Maintenance in Manufacturing

Makale Özeti:

Bu çalışma, üretimde kestirimci bakım için makine öğrenimi algoritmalarını inceliyor. Rastgele Orman algoritması, ekipman arızalarını yüksek doğrulukla tahmin ederek bakım süreçlerinin etkinliğini artırıyor.

MES Entegrasyonu:

Algoritmanın tahminleri MES sisteme entegre edilerek bakım planlaması otomatikleştiriliyor, üretim duruş süreleri azaltılıyor ve operatörlere anlık uyarılar iletiliyor.

8. Intelligent Manufacturing Execution Systems: A Systematic Review

Makale Özeti:

MES sistemlerinin yapay zeka ile entegrasyonu üzerine yapılan kapsamlı bir derleme. Rastgele Orman algoritması üretim süreçlerinin izlenmesi ve optimizasyonunda önemli rol oynuyor.

MES Entegrasyonu:

Algoritma, gerçek zamanlı veri analizi yaparak MES ile entegrasyon sağlıyor; böylece süreç optimizasyonu ve erken hata tespiti mümkün oluyor.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Rastgele Orman algoritması, üretim süreçlerinde önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle bakım tahmini, kalite kontrol ve anormallik tespiti gibi alanlarda kullanıldığında, üretimin

verimliliğini artırmak ve maliyetleri düşürmek mümkün olmaktadır. Algoritmanın birden fazla karar ağacını bir arada kullanması, sonuçların daha doğru ve güvenilir olmasını sağlamaktadır. Bu sayede, tek bir karar ağacının yapabileceğinden daha sağlam tahminler yapılabilmektedir.

Başka algoritmalarla karşılaştırıldığında, Rastgele Orman aşırı öğrenmeye karşı daha dayanıklıdır ve genellikle hesaplama açısından da daha verimli çalışır. Bu da özellikle üretim ortamlarında gerçek zamanlı veri işleme için avantaj sağlar. Ancak, çok büyük veri setleri veya karmaşık örüntülerin tanınması gereken durumlarda, derin öğrenme gibi daha gelişmiş yöntemler daha başarılı olabilir. Bu yüzden her durumda en iyi sonuç vermeyebilir.

Gelecekte, Rastgele Orman algoritmasının üretim sistemleriyle daha iyi entegrasyonunun sağlanması büyük önem taşımaktadır. Özellikle gerçek zamanlı veri akışlarının etkili şekilde kullanılması ve farklı makine öğrenimi yöntemleriyle birleştirilerek hibrit modellerin geliştirilmesi üzerinde çalışılmalıdır. Ayrıca, algoritmanın çalışma prensiplerinin kullanıcılar tarafından daha iyi anlaşılması, sistemlerin benimsenmesini ve güvenilirliğini artıracaktır. Bu açıdan açıklanabilir yapay zeka yaklaşımlarının algoritmaya entegre edilmesi gelecekteki önemli gelişme alanlarından biri olacaktır.

Sonuç olarak, Rastgele Orman algoritması üretim sistemlerinde etkili ve güvenilir bir yöntem olarak önem çıkmakta, ancak daha da geliştirilerek ve farklı teknolojilerle desteklenerek çok daha geniş alanlarda fayda sağlama mümkün görünmektedir.

KAYNAKÇA

Canizo, M., Onieva, E., Conde, A., Charramendieta, S., & Trujillo, S. (2017). Real-time predictive maintenance for wind turbines using Big Data frameworks. *arXiv preprint arXiv:1709.07250*.

Quiroz, J. C., Mariun, N., Rezazadeh Mehrjou, M., Izadi, M., Misron, N., & Radzi, M. A. M. (2017). Fault detection of broken rotor bar in LS-PMSM using random forests. *arXiv preprint arXiv:1711.02510*.

Zhang, L., Zhang, J., & Zhang, X. (2024). An intelligent predictive maintenance system based on random forest for industrial conveyor belts. *Frontiers in Mechanical Engineering*, 10, 1383202. <https://doi.org/10.3389/fmech.2024.1383202>

Ajithkumar, J., & Babu, C. N. K. (2025). Enhancing the accuracy in predictive maintenance of manufacturing in cars using random forest algorithm in comparison with artificial neural networks. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 239(1), 0263462. <https://doi.org/10.1063/5.0263462>

Zhang, W., & Zhang, L. (2019). The application of random forest to predictive maintenance. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 233(8), 2862-2874. <https://doi.org/10.1177/0954406219845087>

Gyulai, D., & Heger, J. (2020). Smart production planning and control model. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 142(1), 011010. <https://doi.org/10.1115/1.4047592>

Kairo, J. (2024). Machine learning algorithms for predictive maintenance in manufacturing. *Journal of Technology and Systems*, 6(4), 66–79. <https://doi.org/10.3389/fmech.2024.1383202>

Zhang, L., & Zhang, J. (2022). Intelligent manufacturing execution systems: A systematic review. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.01.001>