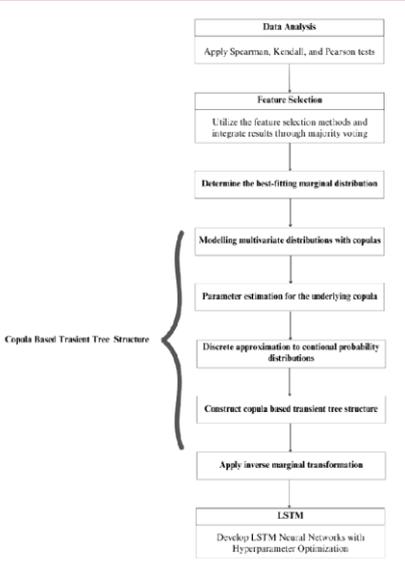


Kübra Nur ŞAHİN



kubranur.sahin@agu.edu.tr

0000-0001-9786-6270



Thesis Advisor

Doç.Dr. Muhammed Sütçü

Sutcu.M@gust.edu.kw

Optimal Decision-Making for Operations of Smart Grids and Microgrids

abstract The rising adoption of renewable energy sources and decentralized electricity production has introduced new challenges in power system coordination, uncertainty management, and reliability. This study presents a multi-stage framework combining probabilistic modelling, centralized optimization, and adaptive control for smart energy communities. First, a hybrid model integrating copula theory, deep learning, and decision trees is developed for probabilistic wind energy assessment. Second, a Mixed-Integer Linear Programming (MILP) model is formulated to optimize distributed energy resource scheduling and peer-to-peer (P2P) energy trading across various household types. Finally, a rule-based control environment is extended with a Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) reinforcement learning algorithm to enable real-time pricing and decentralized decision-making. The proposed model adapts to dynamic conditions, optimizes energy dispatch, and improves long-term system performance under uncertainty.

Collectively, this study introduces an integrated paradigm that combines resource evaluation, system optimization, and adaptive control. The findings highlight the potential for intelligent energy management to enhance grid flexibility, encourage decentralized operation, and facilitate the transition towards sustainable and resilient power systems.

keywords Smart Grid Energy Management, Reinforcement Learning, Peer-to-Peer Trading, Distributed Energy Resources

özet Tezin Yenilenebilir enerji kaynaklarının artan entegrasyonu ve elektrik üretiminin merkeziyetsizleşerek dağıtık hale gelmesi, güç sistemlerinde koordinasyon ve sistem güvenilirliği açısından önemli zorlukları beraberinde getirmiştir. Bu çalışma, akıllı enerji toplulukları için, olasılıksal modelleme, merkezî optimizasyon ve uyarlanabilir kontrol yaklaşımlarını bir araya getiren çok katmanlı bir metodolojik çerçeve sunmaktadır. İlk aşamada, meteorolojik değişkenler arasındaki karmaşık doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilen ve rüzgâr enerjisi potansiyelini belirsizlik altında değerlendirebilen, kopula teorisi, derin öğrenme ve karar ağaçlarını birleştiren hibrit bir yöntem geliştirilmiştir. İkinci aşamada, farklı hane yapılarını içeren bir şebekede, dağıtık enerji kaynaklarının zamanlaması ve eşler arası (P2P) enerji ticaretinin optimizasyonu için Karışık Tamsayı Doğrusal Programlama (MILP) tabanlı model tasarlanmıştır. Son aşamada ise, kural tabanlı karar verme yapısı, Derin Deterministik Politika Gradyanı (DDPG) algoritması ile geliştirilerek, gerçek zamanlı fiyatlandırma ve merkezsiz karar alma yeteneklerine sahip bir operasyonel kontrol ortamı oluşturulmuştur. Geliştirilen model, değişken sistem koşullarına uyum sağlamakta, enerji yönetimini optimize etmekte ve belirsizlik altında uzun vadeli sistem performansını artırmaktadır.

Bu çalışma, enerji sistemlerinde kaynak değerlendirmesinden operasyonel kontrole uzanan; deterministik planlamayı gerçek zamanlı, öğrenen yapılarla bütünleştiren kapsamlı bir karar destek mimarisi sunmaktadır. Elde edilen bulgular, dağıtık yenilenebilir kaynakların entegrasyonunu destekleyen, esnek, dayanıklı ve sürdürülebilir enerji sistemlerinin geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

anahtar kelime Akıllı Şebeke Enerji Yönetimi, Pekiştirmeli Öğrenme, Eşler Arası Ticaret, Dağıtık Enerji Kaynakları