

ENERJİ TÜKETİM TAHMİNİNİN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ; ÖRÜNTÜLER, EĞİLİMLER, YÖNELİMLER

Menekşe Yeşim ÇAKIRLI¹ Ersin NAMLI² 

ÖZET

Küreselleşen dünyada hızla artan enerji talebi, sürdürülebilir enerji yönetimi, kaynak kullanımı ve maliyet optimizasyonu açısından elektrik tüketim tahmininin önemi arttırmaktadır. Mevcut verilerden elde edilen bilgilere dayanarak çeşitli algoritmaların yardımıyla sistematik bir süreç takip eden Makine Öğrenmesinin alt dalı olan ve çevreden aldığı cevaplara göre algoritmasını güncelleyerek kendini geliştiren bir yöntem olan pekiştirmeli öğrenme algoritmaları enerji tüketimi gibi dinamik ve öngörülemeyen süreçlere kolaylıkla adapte olabilen bir yöntemdir. Bu çalışma kapsamında, elektrik tüketim tahminlemede kullanılan makine öğrenmesi, derin öğrenme ve pekiştirmeli öğrenme yöntemlerinin uygulandığı çalışmaların incelendiği bibliyometrik bir literatür taraması yapılmıştır. Web of Science veri tabanındaki elektrik tüketim tahmini alanında 2015 ile 2024 yıllarını kapsayan 10 yıllık bir zaman diliminde yayınlanmış 481 makale incelenmiştir. Verilerin incelenmesinde R-Studio programının Bibliometrix paketinden faydalanılırken sonuçlar performans analizi sonuçları ve bilimsel haritalama sonuçları olmak üzere iki temel başlık altında toplanmıştır. Analizler sonucunda en üretken ülke Çin olurken en çok atıf alan yazar Bodis ve en fazla yayın yapan kurum Huazhong Bilim ve Teknoloji Üniversitesi olmuştur. Ülke genelinde ilgili kriterleri sağlayan altı çalışma ile Türkiye yirminci sırada yer almıştır. Elektrik tüketim miktarının tahmin edilmesinin önemli bir problem olduğu ve bu alanda fazlaca çalışma yapıldığı görülürken, problemin çözümü için son yıllarda Derin Pekiştirmeli Öğrenme uygulamaları ile Yinelemeli Sinir Ağları, Rastgele Orman, Uzun-Kısa Bellek, Karar Destek makineleri en sıklıkla kullanılan algoritmalar olduğu görülmektedir. Bu çalışma son yıllarda gelişen veri depolama sistemlerinin katkısıyla elektrik tüketim tahmini gibi dinamik süreçlerin tahminlemede kullanılabilecek yöntemlerin seçiminde ve geliştirilmesinde stratejik bir yol haritası sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Tüketim Tahmini, Derin Öğrenme, Makine Öğrenmesi, Pekiştirmeli Öğrenme, Bibliyometrik Literatür Tarama.

¹ Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü; Doğuş Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, mcakirli@dogus.edu.tr

² Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, enamli@iuc.edu.tr

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION FORECASTING; PATTERNS, TRENDS, DIRECTIONS**ABSTRACT**

The rapidly increasing energy demand in the globalizing world increases the importance of electricity consumption estimation in terms of sustainable energy management, resource use and cost optimization. Reinforcement learning algorithms, which are a sub-branch of Machine Learning that follows a systematic process with the help of various algorithms based on the information obtained from existing data and which improves itself by updating its algorithm according to the responses it receives from the environment, are a method that can easily adapt to dynamic and unpredictable processes such as energy consumption. Within the scope of this study, a bibliometric literature review was conducted examining the studies in which machine learning, deep learning and reinforcement learning methods used in electricity consumption estimation were applied. 481 articles published in the field of electricity consumption estimation in the Web of Science database in a 10-year period covering the years 2015 and 2024 were examined. While the Bibliometrix package of the R-Studio program was used in the examination of the data, the results were collected under two main headings as performance analysis results and scientific mapping results. As a result of the analyses, the most productive country was China, the most cited author was Bodis and the institution with the most publications was Huazhong University of Science and Technology. Turkey ranked twentieth with six studies that met the relevant criteria nationwide. While it is seen that estimating the amount of electricity consumption is an important problem and that a lot of work has been done in this area, it is seen that the most frequently used algorithms for solving the problem in recent years are Deep Reinforcement Learning applications and Recurrent Neural Networks, Random Forest, Long-Short Memory, Decision Support Machines. This study provides a strategic roadmap for the selection and development of methods that can be used in estimating dynamic processes such as electricity consumption estimation with the contribution of data storage systems that have developed in recent years.

Keywords: *Electricity Consumption Forecast, Deep Learning, Machine Learning, Reinforcement Learning, Bibliometric Literature Review.*

1. GİRİŞ

Enerji talebinin öngörülmesi, sürdürülebilir enerji yönetimi, kaynak kullanımı ve maliyet optimizasyonu açısından giderek daha kritik bir hale gelmiştir. Dünyada hızla artan enerji talebi, özellikle elektrik tüketiminde etkili planlama ve yönetim ihtiyacını daha da ön plana çıkarmaktadır. Elektrik yük ve tüketim tahmini, enerji sistemlerinin dengeli ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için büyük bir önem taşımaktadır. Enerji sektöründe, doğru ve zamanında yapılan tahminler; talep

dalgalanmalarına yanıt verebilme, enerji üretim kaynaklarının daha etkin kullanımı ve gereksiz enerji israfının önlenmesi gibi sürdürülebilir performans hedeflerine ulaşmada önemli katkılar sağlamaktadır. Sürdürülebilir performans, sadece bugünkü enerji ihtiyaçlarını karşılamayı değil, aynı zamanda gelecekteki kaynak sürdürülebilirliğini koruyarak çevresel etkiyi en aza indirmeyi amaçlayan bir stratejiyi ifade etmektedir (Suganthi ve Samuel, 2012; Ulu ve Mengüç, 2024). Bu nedenle, enerji tahmini alanında güvenilir tahminler elde etmek, çevreye daha az zarar veren, kaynakları verimli kullanan ve uzun vadeli bir enerji yönetimi için temel teşkil etmektedir (Ulu, Türkan, Mengüç, Namlı ve Küçükdeniz, 2024).

Son yıllarda, enerji tüketimi tahminlerinde geleneksel yöntemlerin sınırlarının ötesine geçmek için yapay zekâ ve veri odaklı yaklaşımlar giderek daha fazla ilgi görmektedir (Doruköz ve Uslu, 2023). Bu bağlamda, enerji tahminlerinde en yaygın kullanılan yapay zekâ yaklaşımlarından olan makine öğrenmesi, derin öğrenme ve pekiştirmeli öğrenme teknikleri öne çıkmaktadır. Makine öğrenmesi, sistemlerin geçmiş verilere dayanarak öğrenmelerini sağlayan ve insan müdahalesine gerek kalmadan sürekli gelişen algoritmalar kullanarak karar vermelerine olanak tanıyan bir yöntemdir (Çiner vd., 2024; Ulu vd., 2024). Enerji tahmininde, makine öğrenmesi modelleri büyük veri setlerinden anlamlı desenleri tanımlayarak tüketim eğilimlerini öngörebilir ve bu öngörüler, enerji talebindeki ani değişimlere hızlı yanıt verilmesine yardımcı olmaktadır.

Bunun yanında, makine öğrenmesinin alt alanlarından biri olan derin öğrenme, çok katmanlı yapılar oluşturarak daha karmaşık örüntüleri tanıma yeteneğine sahiptir (Dönmez, Diker, Elen ve Ulu, 2024). Derin öğrenme algoritmaları, özellikle büyük ve karmaşık veri setlerinde başarılı sonuçlar vermekte, enerji tüketim tahmini gibi dinamik ve öngörülemeyen olaylarda daha doğru tahminler sağlayarak, enerji sektöründe önemli bir ilerleme sunmaktadır. Pekiştirmeli öğrenme ise çevreden aldığı geri bildirimlere göre kendini geliştiren bir öğrenme sürecidir; özellikle enerji yönetimi gibi dinamik sistemlerde, karar alma sürecini güçlendiren bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Li, 2017). Bu yöntem, enerji sistemlerinin anlık değişimlerine ve farklı koşullara uyum sağlamasını mümkün kılmakta, enerji tüketiminin optimize edilmesine katkıda bulunmaktadır.

Elektrik yük ve tüketim tahmini alanında yapılan çalışmalar, bu yöntemlerle hem kısa vadeli talep öngörülerinin hem de uzun vadeli enerji stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanıyan uygulamalar ortaya koymuştur. Bu çalışma, "electricity load" veya "electricity consumption" ile "prediction", "forecasting", "estimation", "cost" ve "machine learning", "deep learning", "reinforcement learning", "q learning" gibi anahtar kelimelerle yapılan akademik araştırmaları sistematik bir biçimde inceleyerek, enerji tüketimi tahminine yönelik yayınların bibliyometrik analizini sunmaktadır. Bibliyometrik analiz, bilimsel araştırmaların yayılımını, eğilimlerini ve örüntülerini anlamamıza olanak tanır ve bu bağlamda enerji tüketim tahmini literatürünün son yıllardaki eğilimleri, öncü araştırmalar, etkili yazarlar, araştırma konuları ve kullanılan yöntemler detaylı olarak analiz edilmiştir.

Bu inceleme ile amaçlanan, enerji tahmininde yapay zeka tekniklerinin kullanımının nasıl bir gelişim gösterdiğini ve hangi alanlarda daha yaygın hale geldiğini ortaya koymak, ayrıca sürdürülebilir performans hedefleri doğrultusunda yapılabilecek yenilikçi uygulamalara ışık tutmaktır. Sonuç olarak, bu çalışma enerji tahmini alanındaki mevcut durumu, gelecekteki araştırma fırsatlarını ve sürdürülebilir enerji yönetimi için kritik olan tahmin teknolojilerini belirlemeyi hedeflemektedir.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Elektrik yük ve tüketim tahmini alanında pek çok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Bibliyometrik bir literatür araştırması olarak, bu alanda yapılan makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemlerinin araştırıldığı bu çalışmaya benzer olarak ilgili alanda yapılmış benzer çalışmalar literatürde yer almaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar arasında enerji tüketim davranışlarından binalarda enerji yönetimine, enerji depolama sistemlerinden nanojeneratörlerle güçlendirilmiş akıllı şehir planlamalarına kadar çeşitli konulara yoğunlaşmış çalışmalar yer alırken, bu çalışmaların ortak özelliği makine öğrenmesi, yapay sinir ağları ve derin öğrenme gibi yapay zekâ yöntemlerinden faydalanılmış olmasıdır. Elektrik tüketiminin binalarda tahminine yönelik bir literatür çalışması Carlucci vd. (2020) tarafından kaleme alınmıştır. Bu çalışmada binalarda kullanıcı davranışlarının modellenmesi üzerine çalışılmıştır. Benzer bir çalışma Abdelaziz, Santos ve Dias (2021) tarafından kaleme alınmış ve binaların enerji tüketiminde makine öğrenmesi tekniklerinden metin madenciliği aracılığıyla bibliyometrik veriler sunan sistematik bir literatür incelemesi yapılmıştır. Aynı yıl yapılan diğer bir çalışma nanojeneratörlerle güçlendirilmiş akıllı şehir planlamalarında uygulanan makine öğrenmesi konusunda yapılan çalışmaların incelendiği bibliyometrik bir literatür çalışması Alagumalai vd. (2021) tarafından kaleme alınmıştır. Luo (2022) çalışmasında akıllı binalarda uygulanan yapay zeka uygulamaları üzerine bir bibliyometrik analiz yaparken; Lu, Li ve Lu (2022) bina enerji tahminine odaklanarak yapay sinir ağları algoritmalarının incelendiği bir literatür çalışması yapmıştır. Olu-Ajayi, Alaka, Sunmola, Ajayi, ve Mporas (2024) çalışmasında bina enerji tahmini için yapay zekanın yanı sıra istatistiksel araçların da yer aldığı çalışmaları incelemiştir. Binaların enerji tüketim davranışının dışında bir çalışma olarak Ajibade vd. (2024) çalışmasında enerji depolama alternatiflerinin planlanması için kullanılan makine öğrenmesi uygulamalarını araştırmış ve 10 yıllık bilimsel araştırmaları inceleyerek bir literatür araştırması yapmıştır. Le vd. (2024) çalışmasında veri odaklı enerji tahmini için yapay zekâ yöntemleri kullanılan çalışmaları sürdürülebilirlik ve gelişmeye yönelik bir bakış açısıyla inceleyerek sistematik bir araştırma yapmıştır. Özdemir, Nursaçan ve Nursaçan (2018) ise çalışmasında nesnelerin interneti üzerine yapılmış çalışmaları derlemiştir.

Tüm bu çalışmalar, yapay zekâ uygulamalarının enerji tüketiminin veya depolamasının çeşitli boyutlarda incelendiği birçok çalışmanın varlığını ve farklı bakış açılarıyla özelleştirilerek detaylı analizler yapılmasının önemini vurgular niteliktedir.

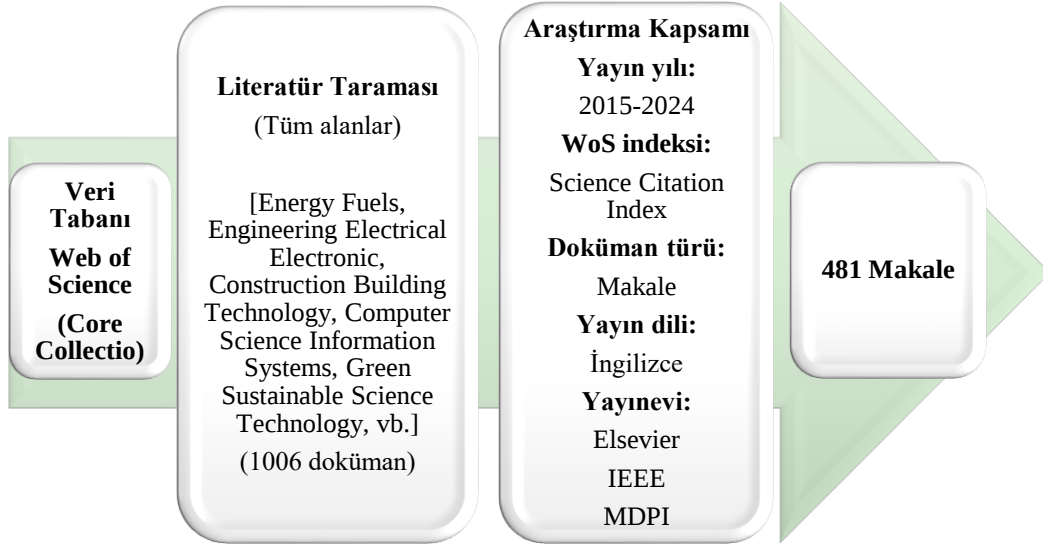
3. YÖNTEM

Bibliyometrik analiz, bilimsel araştırmalar sonucu sunulan yayınların literatür içindeki etkinliğini ölçmek ve ilgili çalışma alanında mevcut olan güncel yönelim ve trendleri belirlemekte fayda sağlayan sistematik bir literatür araştırma tekniğidir. Bilimsel yayınların etkilerini belirlemek için bibliyometrik yöntemler ilk olarak 1950’lerde ortaya atılmıştır. Bibliyometrik analizin öncüsü ve gelişiminde aktif rol oynayan yazarların Price ve Garfield olduğu söylenebilir (Godin, 2006). Bibliyometrik analiz, literatürde yer alan çalışmaların sayısal niteliklerinin değerlendirilmesini ve elde edilen sayısal verilerden anlamlı istatistiksel bağlantılar ve gelişen yeni kalıplar tespit edilmesini sağlar. Bu teknik belirli bir konuda ya da belirli bir yöntemde gelişmekte olan araştırma kalıplarının belirlenmesinde ve ilgili alanda yapılan araştırmaların ilerleyişinin değerlendirilmesinde faydalıdır. Bu süreçte, yayın sayılarına ek olarak atıflar, yayın başına atıflar gibi bibliyometrik göstergelerden de faydalanılır. Bibliyometrik göstergeler ışığında araştırmacıların, kuruluşların ve ülkelerin bilimsel araştırma çıktılarının performansları belirlenir (Zou, Vu ve Huang, 2020). Literatürü sistematik olarak aramak için birçok farklı aracı bir araya getiren bibliyometrik analiz araştırmacılara uzmanlaşmış teknikler sunar. Bu teknikler, literatür incelemelerine düzen getirmiş ve yaygın olarak kullanılan yöntemlerin zayıflıklarının azaltılmasında önemli bir rol oynamıştır (Kışlalıoğlu, 2024). Bibliyometrik analiz sonucunda elde edilen istatistiki bilgiler, ilgili çalışma alanının geldiği güncel durumu göz önüne sermekte ve ilgili alanda yapılabilecek iyileştirmeleri veya önerileri tartışmak açısından faydalı ipuçları vermektedir (Yılmaz, 2017; Ulu ve Türkan, 2024).

3.1. Araştırma ve Veri Bilgileri

Bibliyometrik literatür taramasının temel amacı, belirli bir alanda, belirli bir zaman aralığında ve belirli kurum, yazar veya bölgede yapılmış yayınlar arasında var olan ilişkilerin sayısal verilere dönüştürülerek anlamlı bilgilerin elde edilmesidir.

Bu çalışmada, Web of Science (WoS) veri tabanı kullanılarak, etkin fiyatlandırma ve maliyet optimizasyonu amacıyla elektrik enerjisi tüketiminin tahmin edilmesi ele alınan araştırmalar incelenerek bibliyometrik bir literatür taraması yapılmıştır. Elektrik enerjisi tüketiminin tahmin edilmesinde kullanılan makine öğrenmesi ve pekiştirmeli öğrenme yöntemlerinden faydalanılan çalışmalar araştırılırken ölçüt olarak veri tabanı, yayın tarihi, dil, doküman türü ve yayınevi gibi kriterler kullanılmıştır. Şekil 1’de araştırma sürecinin aşamaları detaylı olarak gösterilmiştir.

Şekil 1. Araştırma sürecinin aşamaları

16 Ekim 2024 tarihinde WoS veritabanında yapılan arama sonucunda 1006 dokümana ulaşılmıştır. Bu araştırma kapsamında çalışmalar şekil 1’de belirtildiği gibi filtrelenerek 481 makaleye ulaşılmıştır.

3.2. Performans analizi sonuçları

Sistematiik literatür taramasının ardından ulaşılan 481 makalenin incelenmesi için R Studio yazılım programının Bibliometrix modülü kullanılarak bibliyometrik analiz yapılmıştır. 2015 – 2024 yılları arasında yapılan 10 yıllık çalışmalara bakıldığında, 81 farklı kaynakta, 1759 farklı araştırmacının katkılarıyla, 481 çalışma yapıldığı görölmektedir (Şekil 2).

Şekil 2. Bibliyometrik analiz: genel istatistikler

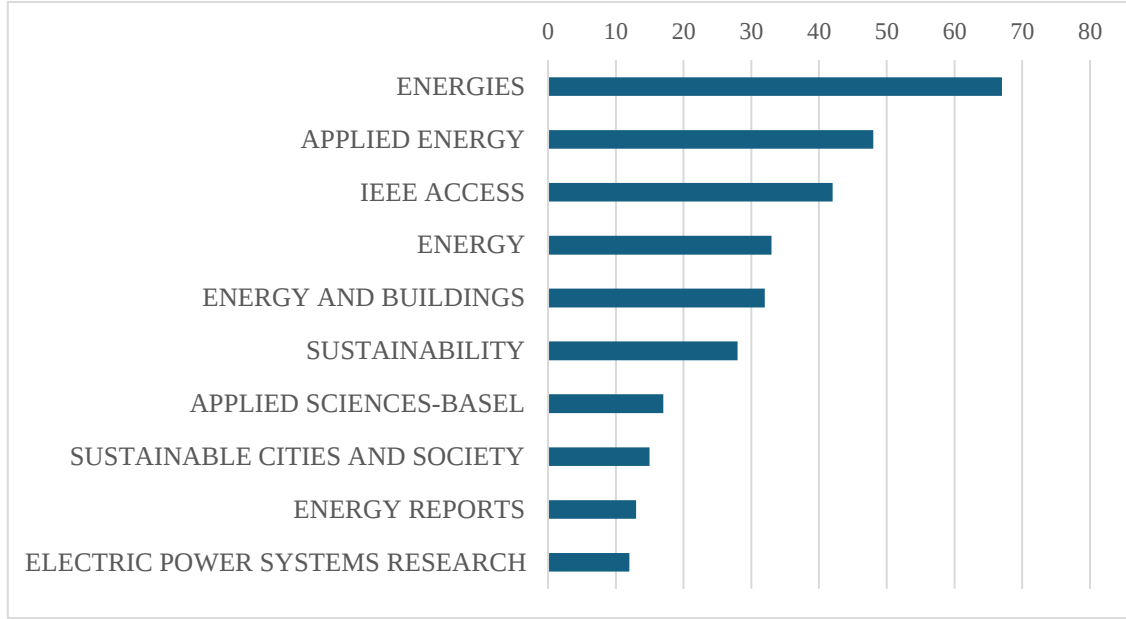
Kaynak: Görsel araştırma dahilinde yazar tarafından R-studio yazılımı, Bibliometrix paketi kullanılarak oluşturulmuştur.

18 Çalışmanın tek yazarlı çalışmalar olmasının yanı sıra, ortalama 4,51 yazarın beraberliğıyle yazılan yayınların son 10 yıllık gelişimine bakıldığında çalışma alanının yüzde 47,48’lik bir büyümeye sahip olduğu görölmektedir. Bu büyüme kısıtlı enerji kaynaklarının etkin kullanımı ve maliyet optimizasyonu alanında yapay zekâ kullanımının, hızla büyümeye devam eden, aktif bir çalışma sahası olduğunu göstermektedir. Tablo 1’de göröldüğü gibi çalışmaya dahil edilen yılların ilk çeyreğinde kısıtlı sayıda çalışma görölürken, 2017 yılından itibaren üstel artış gösteren bir gelişme gözlemlenmiştir. Son yıllara gelindiğinde ise çalışma sayılarının yüksek devam ettiğı görölmektedir.

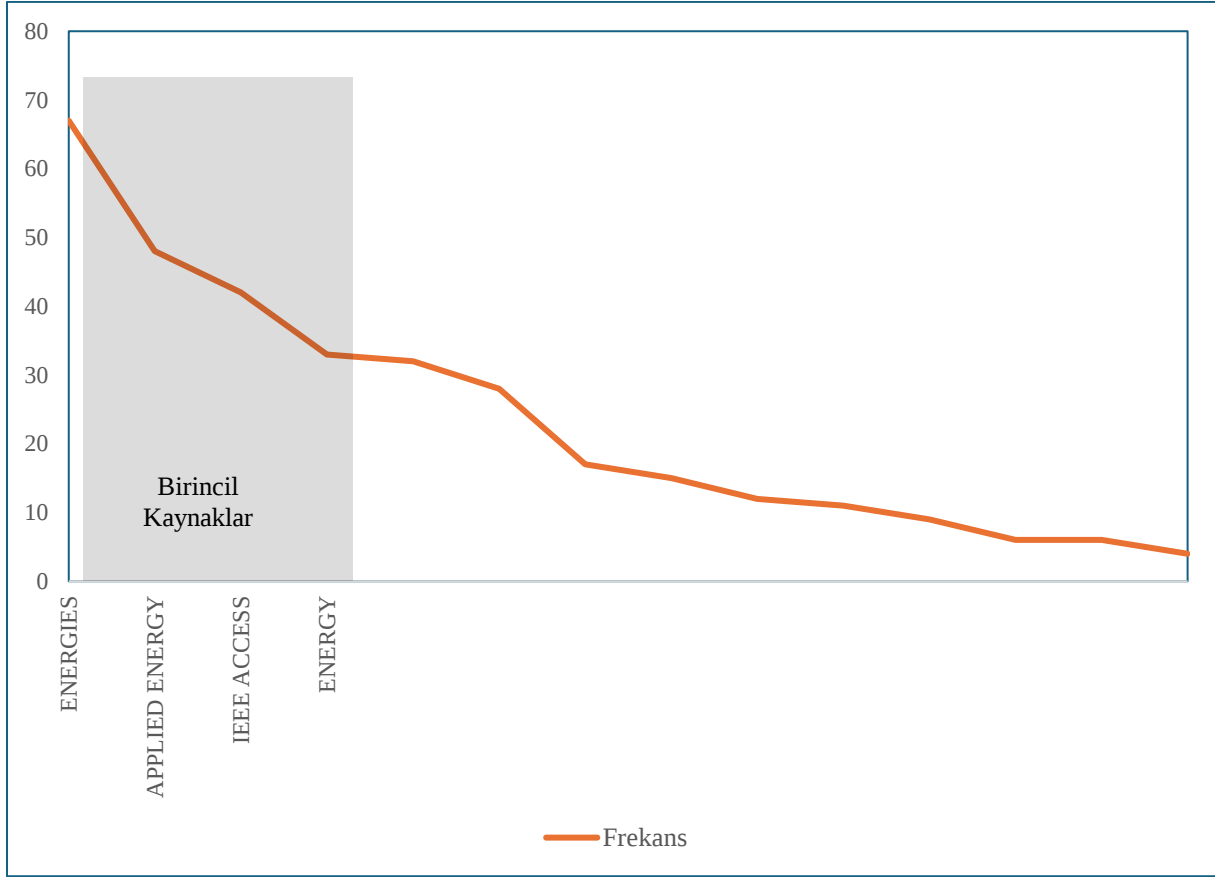
Tablo 1. Yıllık makale sayıları

Yıl	Makale Sayısı
2015	3
2016	4
2017	6
2018	15
2019	30
2020	58
2021	75
2022	100
2023	91
2024	99

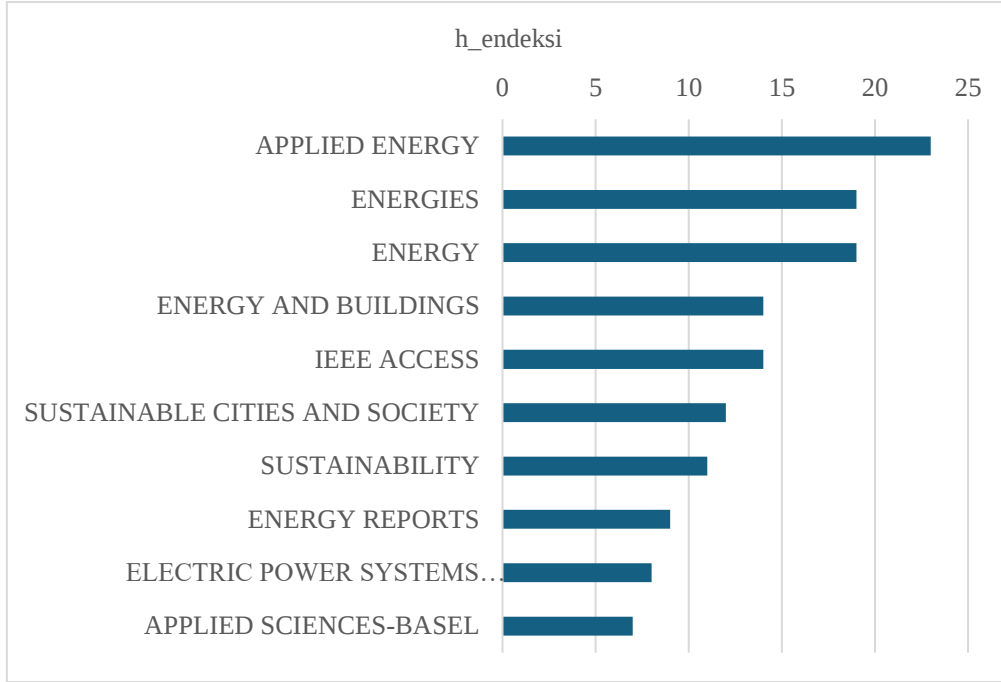
Yapay zeka kullanılarak enerji tüketiminin tahminine odaklanan makale yazarlarının son 10 yıllık zaman diliminde şekil 1’de özetlenen verilerde göröldüğü gibi 81 farklı dergi tercih ettiğı görölmektedir. Şekil 3’te bu çalışma kapsamında incelenen makale yazarlarınca en çok tercih edilen derginin, 67 makale ile “Energies” dergisi olduğu görölmektedir. “Energies” dergisinde yayınlanan makaleler, incelenen makaleler içinde %14’lük bir yer kaplamaktadır. İncelenen makalelerin %75’i toplam dergilerin %20’sinde yayınlanırken en çok yayın yapılan ilk 10 dergi şekil 3’te görölmektedir. İncelenen yayınların %52’sinin yayınlandığı “Energies”, “Applied Energy”, “IEEE Access”, “Energy”, “Energy and Buildings” ve “Sustainability” dergileri ilgili alanda en çok tercih edilen dergilerdir.

Şekil 3. İlgili alanda en çok tercih edilen dergiler

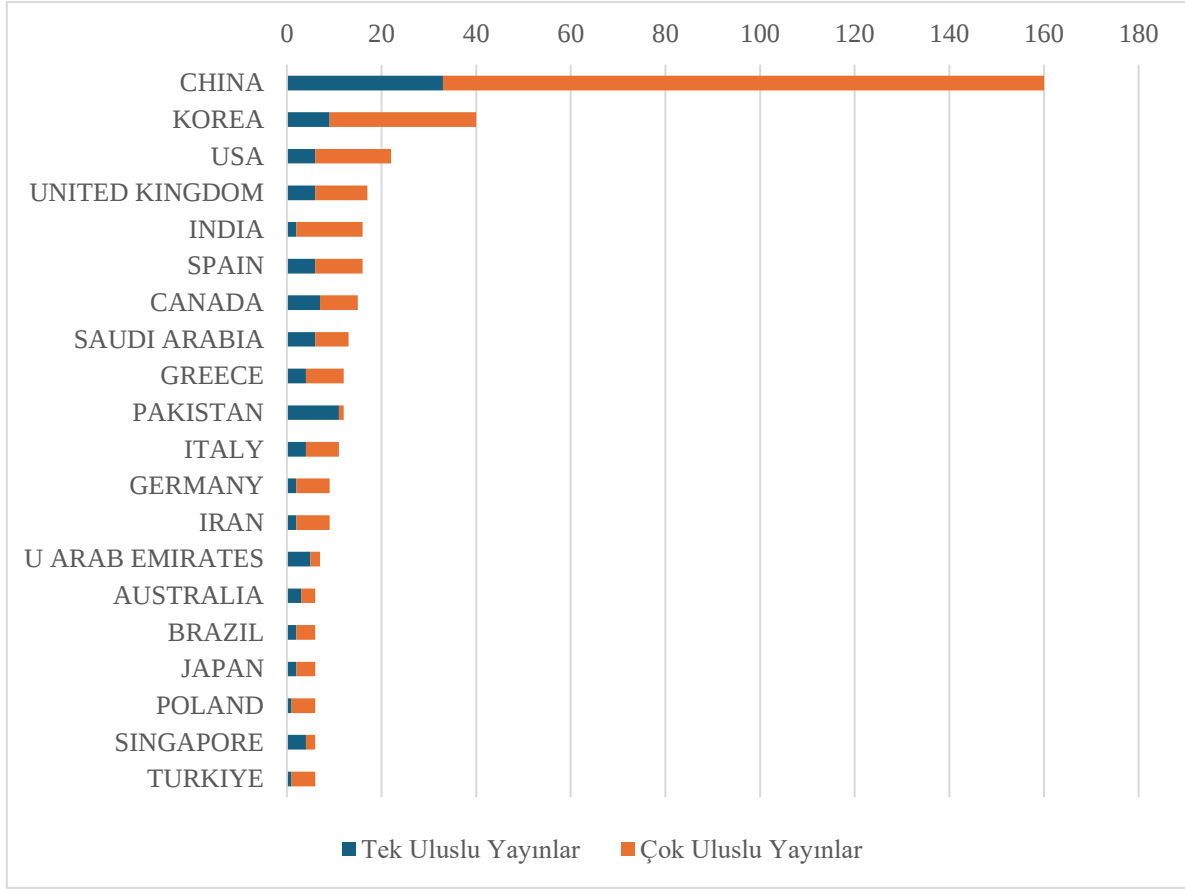
Garfield (1980), çalışmasında belirli bir alanda yapılan çalışmalarla ilgili bir literatür araştırmasında elde edilen çalışmaların üçte birinin belirli bir çekirdek grubu oluşturan kaynaklarca yayınlandığını öne sürerek Bradford Yasası'nı geliştirmiştir. Bradford Yasası'na göre bu çalışmada incelenen makaleler üç temel kümeye ayrıldığında, birinci ve en fazla makalenin yer aldığı kümenin “Energies”, “Applied Energy”, “IEEE Access” ve “Energy” dergileri olduğu şekil 4'te görülmektedir. 481 çalışma içinden 90 adedi bu dergilerde yer almıştır.

Şekil 4. Bradford Yasası

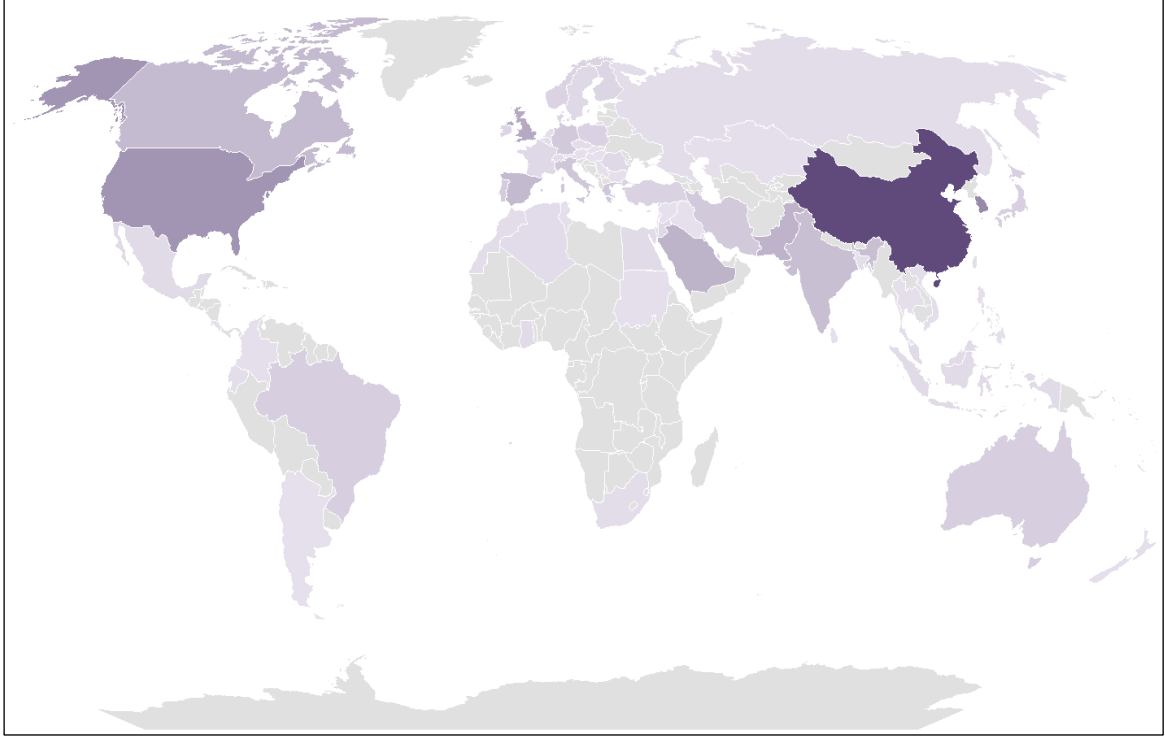
Akademik çalışmaların yer aldığı kaynakların değerlendirilmesinde kullanılan başarı kriterlerinden biri de h-endeksidir (Hirsch, 2005). Hirsch tarafından akademik çalışmaların aldıkları atıflar ile çalışma sayısının karşılaştırılması esasına dayanan h-endeksi ilk olarak 2005'te ortaya sürülmüştür. Yapılan çalışmaların sayısının yanı sıra bu yayınlara yapılan atıfların da dikkate alınması, yazarların, kurumları ya da kaynakları etkililiğini belirlemede ayırt edici bir kaynak olarak gösterilmektedir (Hirsch, 2005). Bu çalışma kapsamında hesaplanan h-endeksleri şekil 5'te verilmiştir. Toplam yayın sayılarına ve Brandford yasasına göre yapılan sıralamadan farklı olarak h-endeksine göre bir sıralama yapıldığında; 23 puanlık bir değerle ilk sırada “Applied Energy” dergisi yer alırken, 19 puanla “Energies” ve “Energy” dergilerinin, 14 puanla “Energy and Buildings” ve “IEEE Access” dergilerinin sıralamada üstlerde yer aldığı görülmektedir.

Şekil 5. h-endeksine göre kaynaklar

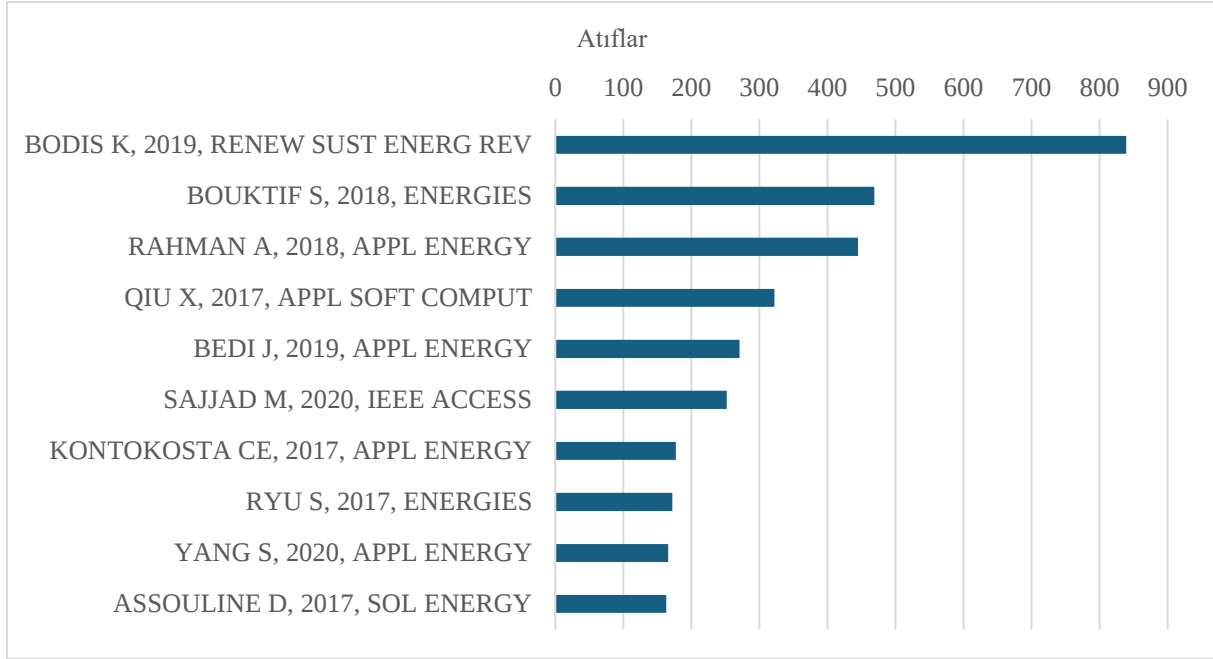
81 farklı kaynaktaki yer alan 481 çalışmaya bakıldığında, tüm çalışmalar içinde %33,26 oranıyla 160 adedinin Çin Halk Cumhuriyeti'nde akademik çalışmalar yapan araştırmacılar tarafından yapıldığı görülürken, bu çalışmaların 33 adedinin farklı uluslardan yazarların ortak çalışmalarının eseri olduğu buna karşılık 127 adedinin ise tamamı aynı ulustan yazarlar tarafından yazıldığı şekil 6'da görülmektedir. İlgili alanda en üretken ikinci ülke ise 40 makale sayısı ve %8,3'lük oranla Güney Kore'dir. Güney Kore'de yazılmış olan 40 makalenin 9 adedinin çok uluslu çalışmalar olmasına karşın 21 adedinin tek uluslu çalışma olduğu görülmektedir. Tüm ülkeler arasından 10 ve üzerinde çalışma yapılanlar ülkelerin istatistikleri kendi içlerinde incelendiklerinde, çok uluslu yayın sayısının aynı ülkede üretilen toplam yayın sayısına oranına göre; %91,6 oranıyla Pakistan, %46,7 oranıyla Kanada ve %46,2 oranıyla Suudi Arabistan en fazla çok uluslu yayın yapılan ülkeler olmuştur. En düşük çok uluslu yayına sahip olan diğer bir deyişle tüm yazarların aynı ulustan yazarlardan oluştuğu çalışma sayısına bakıldığında; çok uluslu çalışma oranına göre, %12,5 oranıyla Hindistan, %20,7 oranıyla Çin ve %22,5 oranıyla Güney Kore en az uluslararası iş birliği ile çalışma yapılmış ülkeler olmuştur. Altı çalışmanın değerlendirmeye alındığı Türkiye'de ise bir çalışmanın çok uluslu yazarlarca yapıldığı görülürken diğer beş çalışmanın tamamı Türk yazarlarca yapıldığı görülmektedir.

Şekil 6. Tek ve çok uluslu yayınların dağılımı

Tüm çalışma kapsamında incelenen 481 makalede emeği geçen tüm yazarların ülkelere dağılımı incelendiğinde, 592 yazar sayısı ile Çin'in en üretken ülke olduğu görülmektedir. Çin'in ardından, 117 yazar ile Güney Kore, 102 yazar ile Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve 73 yazar ile Birleşik Krallık gelmektedir. En fazla araştırmacının makale yazdığı ilk 10 ülke sırasıyla; Çin, Güney Kore, ABD, Birleşik Krallık, Pakistan, Suudi Arabistan, İspanya, Kanada, Hindistan ve İtalya olmuştur. Yazar sayısına göre en üretken ülke sıralamasında yirminci sırada yer alan Türkiye'de ise 19 araştırmacı yapılan çalışmalarda yer almıştır. Ülkelere göre araştırmacı sayılarına göre renklendirilmiş dünya haritasında en üretken ülkeler ve bu ülkelerin coğrafi dağılımları görülmektedir (Şekil 7).

Şekil 7. Bilimsel üretkenliğe göre ülkeler

Küresel boyutta en çok atıf alan çalışmalar (Şekil 8), enerji tüketim tahmininin önemini vurgular ve tahminleme alanında makine öğrenmesi ve derin pekiştirmeli öğrenme algoritmalarının kullanımının sağladığı faydaları vurgular niteliktedir. Geniş etkiye sahip çalışmalardan en fazla atıf sayısına sahip olan Bodis, Kougias, Jager-Waldau, Taylor ve Szabo (2019) çalışmasında Avrupa'nın enerji dönüşümüne katkı sağlamak amacıyla, çatı üstü güneş enerjisi panellerinin kullanımının, uygun yüzey genişliği fizibilite çalışmasında ve kullanım maliyetlerinin belirlenmesinde elde edilen istatistiki bilgilerden anlamlı veriler üretmek için yapay zekadan faydalanmıştır.

Şekil 8. Atıf sayısına göre çalışmalar

Bouktif, Fiaz, Ouni ve Serhani (2018) çalışmasında akıllı şebekelerin gelişmesiyle daha fazla önem kazanan elektrik yükünün belirlenmesi problemini karmaşık bir zaman serisi olarak ele alarak Uzun Kısa Süreli Bellek (Long-Short Term Memory, LSTM) modeli tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Bulgular sonucunda Genetik Algoritma kullanarak LSTM modelinin tahmini performans optimizasyonu için optimum zaman gecikmelerini ve katman sayısını bularak maliyet optimizasyonu için elektrik yükünü hesaplamaktadır.

Rahman, Srikumar ve Smith (2018) çalışmasında birkaç ay ile bir yıllık bir zaman dilimi için saat bazında elektrik tüketim yükü üzerine bir tahminleme çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada kullanılacak verideki eksik değerlerin sonuca etkisini minimize etmek için Yinelemeli Sinir Ağları (Recurrent Neural Network, RNN) kullanılırken; tahminleme için LSTM tabanlı bir model geliştirmişlerdir.

Qui, Ren, Suganthan ve Amaratunga (2017) çalışmasında Avustralya Enerji Piyasası Operatörü (Australian Energy Market Operator, AEMO) tarafından sağlanan elektrik yükü verileri kullanılarak tahminleme için Ampirik Mod Ayrıştırma (Empirical Mode Decomposition, EMD) ve Derin Öğrenme tabanlı yöntemler ile uygulanan bir topluluk öğrenme metodu kullanmıştır.

Bedi ve Toshniwal (2019) çalışmasında elektrik tüketim verisinin tahmini için LSTM tabanlı bir model geliştirmiştir. Geliştirilen modelin tahmin sonuçlarını iyileştirmek için, hareketli pencere tabanlı aktif öğrenme kavramı dahil edilmiştir. Tahmin modelinin performansı, tahmin sonuçları Yapay Sinir Ağı, Tekrarlayan Sinir Ağı ve Destek Vektör Regresyonu modelleriyle karşılaştırılarak değerlendirilir.

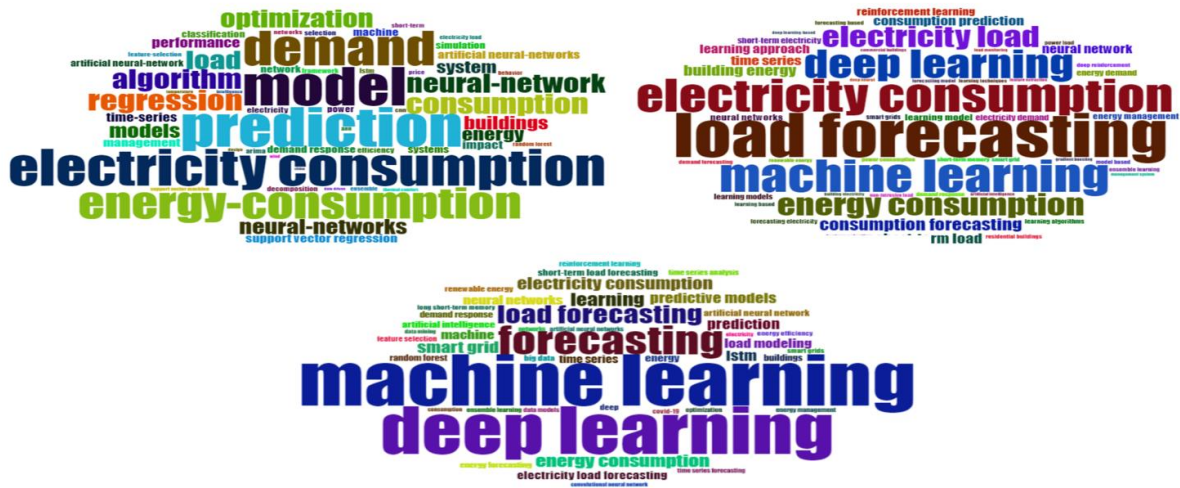
Enerji tüketim tahminlemesi için yapay zekadan faydalanarak, makine öğrenmesi ve derin öğrenme tabanlı yöntemler kullanılan diğer çalışmalar arasından en yüksek atıf sayısına sahip diğer çalışmalar Sajjad vd. (2020), Kontokosta ve Tull (2017), Ryu, Noh ve Kim (2017), Yang, Wan, Chen,

Feng Ng ve Dubey (2020), Assouline, Mohajeri ve Scartezini (2017) ve Liu, Tan, Xu, Chen ve Li (2020) olarak listelenmiştir (Şekil 8). Tüm bu çalışmalar elektrik tüketim tahmininin önemini vurgularken yapay zekâ ve derin öğrenmenin bu alandaki uygulanabilirliğini ve geliştirmekte olan bir çalışma alanı olduğunu vurgular niteliktedir.

3.3. Bilimsel Haritalama Sonuçları

Bilimsel haritalama tekniği, çeşitli faktörler arasındaki yapısal ilişkileri önemlerine ve frekanslarına göre belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Ulu ve Türkan, 2024). En sık kullanılan anahtar kelimeler ve kelime bulutu şekil 9’da görülmektedir.

Şekil 9. Kelime bulutları



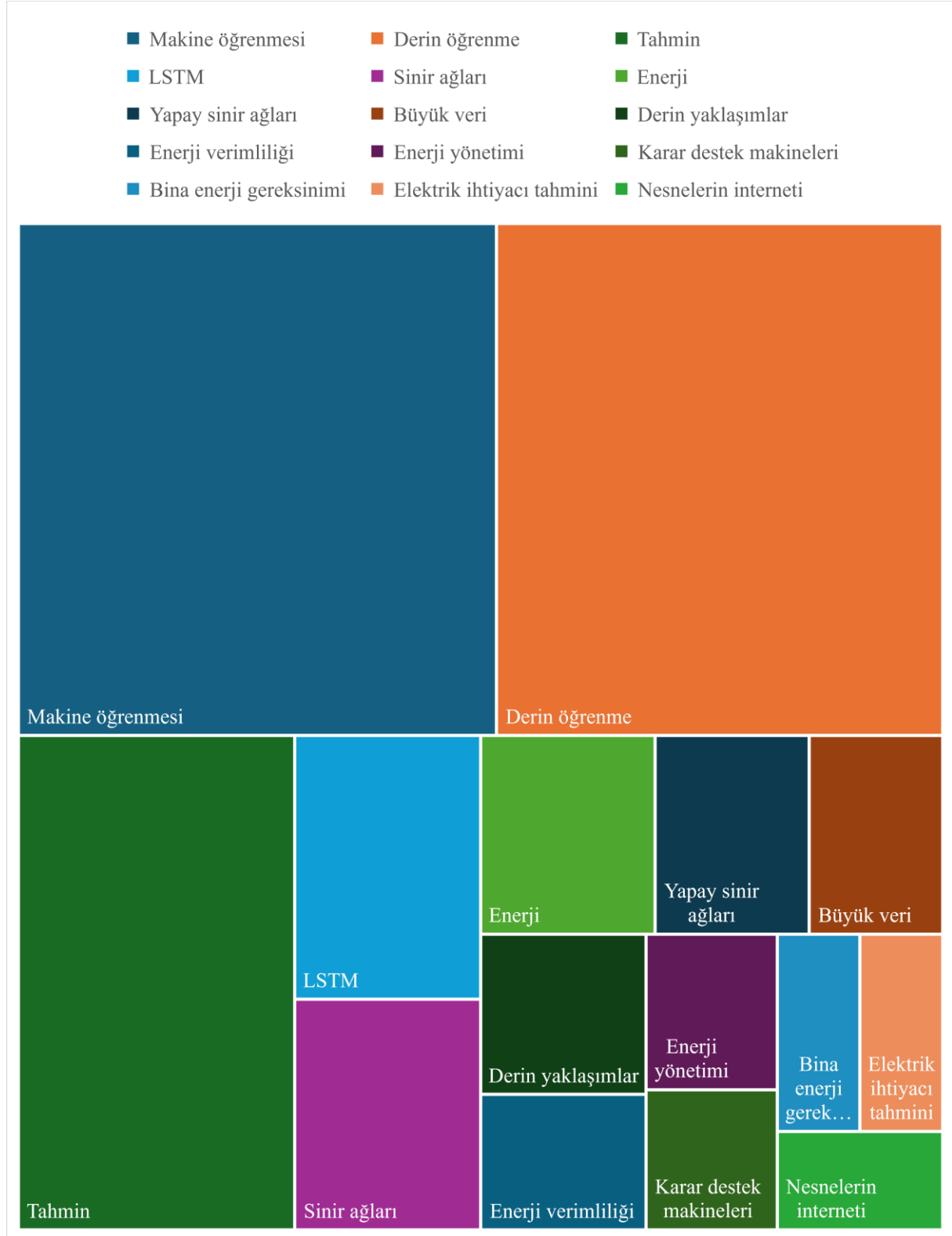
Şekil 9, enerji tüketim tahminlemede yapılan çalışmalarda yoğun olarak kullanılan anahtar kelimeleri ve bu kelimelerin kullanım sıklığını sunmaktadır. Elde edilen veriler, bu alandaki akademik çalışmaların odak noktalarını ve araştırma yönelimlerini belirlemede önemli ipuçları sunmaktadır.

Öne çıkan anahtar kelimeler arasında Prediction (Tahmin), Electricity Consumption (Elektrik İhtiyacı), Load Forecasting (Yük Tahmini), Demand (Talep) vb., kelimelerin yüksek tekrar sayısına sahip kelimeler olması elektrik tüketiminin önceden tahmininin önemine vurgu yapmaktadır. Aynı şekilde Machine Learning (Makine Öğrenmesi), Deep Learning (Derin Öğrenme), Neural Networks (Sinir Ağları) vb., anahtar kelimelerinin yüksek tekrara sahip anahtar kelimeler olarak öne çıkması ilgili alanda yaygın olarak kullanılan yöntemler olduğunu vurgular niteliktedir.

İncelenen çalışmalar arasında elektrik tüketiminin önceden tahmin edilmesinin önemi vurgulanırken, tahmin yöntemi olarak sıklıkla makine öğrenmesinden ve derin öğrenme tabanlı algoritmalarından faydalandığı görülmektedir.

İncelenen 10 yıllık çalışmalara bakıldığında, alanında yapılan çalışma sayıları baz alındığında, trendleri belirleyen konuların, “Makine Öğrenmesi”, “Derin Öğrenme”, “Tahmin”, “LSTM” ve “Sinir

Ağları” başta olmak üzere, enerji ve tahmine yönelik konuların da bu konuları takip eden konular olduğu şekil 10’da görülmektedir.

Şekil 10. Trend konular

Araştırma kapsamında incelenen çalışmalarda en sık karşılaşılan konu Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme olurken son yıllara gelindiğinde bu ana konulara ek olarak LSTM, Enerji Verimliliği, Yapay Sinir Ağları gibi konuların da araştırmalarda sıklıkla yer aldığı görölmektedir (şekil 10). Bu eğilim tahminleme alanında Makine Öğrenmesinin bir dalı olan, Pekiştirmeli Öğrenmenin ve Derin Pekiştirmeli Öğrenmenin üzerinde çalışılmaya değeri bir alan olduğunu gösterir niteliktedir.

İncelenen trend konularda yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımları ve toplam çalışma sayıları tablo 2’de verilmiştir. Trend konuların yıllara göre dağılımlarına bakıldığında Karar Destek Makineleri, Büyük Veri, Derin Yaklaşımlar, Bina Enerji Gereksinimleri ve Sinir Ağları konularının öncöl konular olduğu görölmektedir. Yıllar içinde bu konular Enerji, Tahmin, Derin öğrenme ve Makine Öğrenmesi konularının eklendiği ve bu konuların eklenmesiyle beraber yapılan çalışma sayısının en yüksek değere ulaştığı görölmektedir. Yapılan çalışmaların sayısındaki artışa ek olarak Enerji Yönetimi, Yapay sinir Ağları ve LSTM gibi algoritmaların çalışmalarda yer almasıyla beraber son yıllara gelindiğinde, Nesnelerin İnterneti, Elektrik İhtiyacı Tahmini ve Enerji Verimliliği konularının en güncel konular olduğu görölmektedir. Bu konulardaki çalışmaların gelecek yıllarda da devam edeceği öngörülmektedir.

Tablo 2: Trend Konuların Yıllara Göre Dağılımı

Konu	alışma Sayısı	Yıl (İlk eyrek)	Yıl (Medyan)	Yıl (Son eyrek)
Enerji verimliliği	11	2022	2024	2024
Elektrik ihtiyacı tahmini	8	2022	2024	2024
Nesnelerin interneti	8	2022	2024	2024
LSTM	24	2022	2023	2024
Yapay sinir ağları	15	2021	2023	2024
Enerji yönetimi	10	2021	2023	2024
Makine öğrenmesi	120	2020	2022	2023
Derin öğrenme	112	2020	2022	2023
Tahmin	67	2020	2022	2023
Enerji	17	2021	2021	2023
Sinir ağları	21	2020	2021	2023
Bina enerji gereksinimi	8	2020	2020	2023
Derin yaklaşımlar	13	2020	2021	2022
Büyük veri	13	2019	2020	2021
Karar destek makineleri	9	2018	2020	2021

Şekil 11, bu çalışma kapsamında incelenen makalelerde karşılaşılan anahtar kelimelerin tematik bir haritasını sunmaktadır. Tematik harita, konuların bir grafikte değerlendirildiği ve bu grafikteki alanın dört ana bölgeye ayrıldığı görsel bir araçtır. Bu grafiğin X ekseninde “Geçerlilik Seviyesi” ve Y ekseninde “Gelişme Seviyesi” yer almaktadır. Gelişme seviyesi belirli bir konudaki çalışmaların ilerleme ve derinleşme düzeyini ifade ederken geçerlilik seviyesi ise o konunun genel literatürdeki önemini ölçer. Analistlerin çalışma konularının dört ana gruba ayırmasına yardımcı olan tematik haritadaki sol alt köşede yer alan tema yeni gelişmekte olan veya artık önemini yitirmeye başlamış olan konuları göstermektedir. Bu çalışmalar yeni geliştirilen konuları temsil ettikleri için özel bir çevre tarafından önemle iletilebilecekleri gibi yaygın bir araştırma konusuna dönüşmeden kaldırılabilir konular olarak da kalabilirler. Sağ alt köşede yer alan tema temel konuları temsil eder. Bu konular literatürde detaylı bir şekilde incelenen konular olarak karşımıza çıkar. Sol üst köşede yer alan tema niş tema olarak adlandırılan fazlaca yazar tarafından geliştirilmiş ancak henüz izole kalmış, belirli araştırma alanlarında derinlemesine incelenmelerine karşı genel literatürde yaygınlaşmamış çalışma konularından oluşmaktadır. Sağ üst köşedeki tema motor tema olarak adlandırılan geliştirilmiş ve literatürde yüksek oranda çalışılmış temalardır.

Bu çalışma kapsamında incelenen makalelerdeki konular incelendiğinde en yüksek geçerliliğe ve gelişime sahip konulardan oluşan motor temalar içinde “Derin Öğrenme” ve “Tahmin” olduğu görülmektedir. Bu konuların motor tema içinde yer alması tahminin önemini vurgulamaktadır.

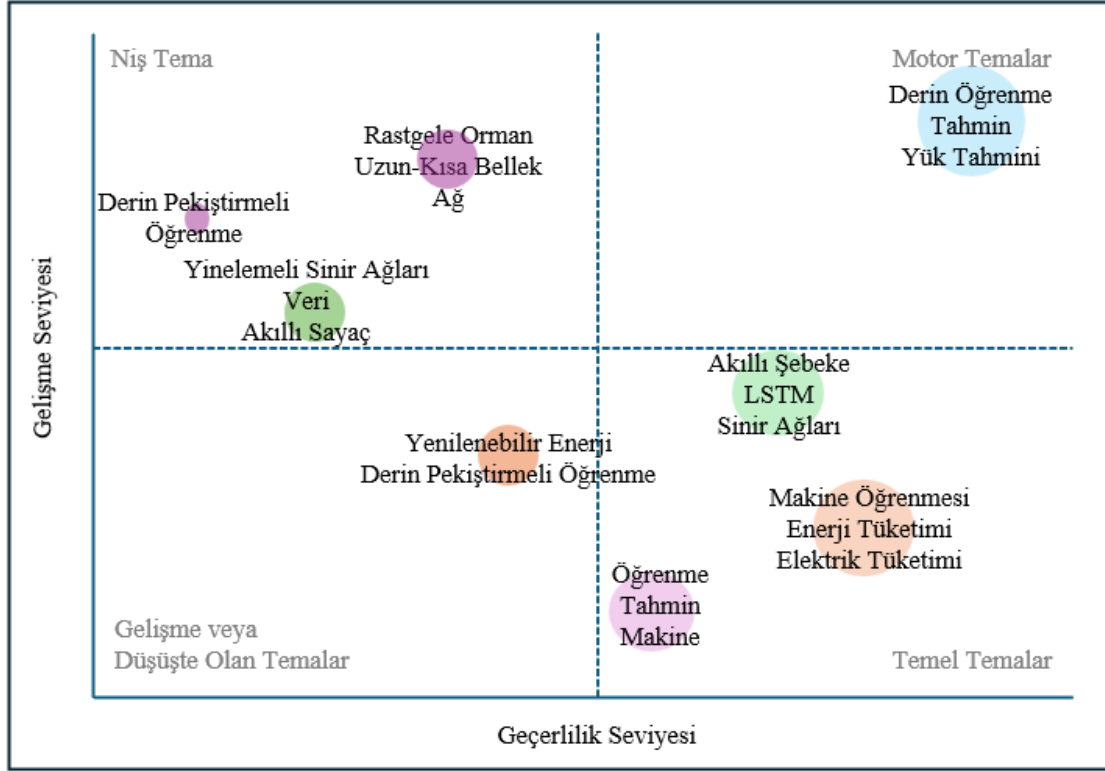
Temel temalar yüksek geçerlilik seviyesine sahiptir ve enerji tahmini alanında en fazla araştırılan ve uygulanan yöntemleri kapsarlar. “Akıllı Şebeke”, “Enerji İhtiyacı” ve “Tahmin” konularının bu alanda oluşu enerji tüketiminin tahmininin önemini vurgularken; aynı zamanda “LSTM”, “Sinir Ağları” ve “Makine Öğrenmesi” konularının da bu alanda yer alması enerji tüketimi tahmininde bu yöntemlerin sıklıkla kullanılan geçerli yöntemler olduğunu kanıtlamaktadır.

Gelişmekte veya düşüşte olan konuların yer aldığı alana bakıldığında, “Yenilenebilir Enerji” ve “Derin Pekiştirmeli Öğrenme” konularının yer aldığı görülmektedir. Grafik incelendiğinde bu konuların temel tema ile niş temalara yakın bir konumda yer aldığı görüldüğünden gelişmekte olan yeni bir alan olduğu sonucuna varılabilir.

Bu literatür araştırmasının da temel konusu olan enerji tüketimi tahmininde Derin Pekiştirmeli Öğrenme algoritması kullanımının niş temalar arasında olduğu görülmektedir. Bu konunun yanı sıra “Rastgele Orman”, “LSTM”, “Yenilemeli Sinir Ağları” vb., konuların da niş temada yer alan konular olduğu görülmektedir. Bu durumda bu konuların literatürde iyi geliştirildiği ancak henüz sınırlı bir merkezi role sahip olduğu, bu denklemler üzerinde çalışmaya açık konular olduğu söylenebilir.

Bu tematik harita aracılığıyla, literatürde yer alan konular araştırmaya açık oluşu veya ne derece çalışılmış oluşu konusunda fikir sahibi olunabilir.

Şekil 11. Tematik Harita



4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Mevcut verilerden elde edilen bilgilere dayanarak çeşitli algoritmaların yardımıyla sistematik bir süreç takip eden Makine Öğrenmesinin alt dalı olan ve çevreden aldığı cevaplara göre algoritmasını güncelleyerek kendini geliştiren bir yöntem olan pekiştirmeli öğrenme algoritmaları enerji tüketimi gibi dinamik ve öngörülemez süreçlere kolaylıkla adapte olabilen bir yöntemdir. Çok katmanlı karar verici yapılar oluşturularak karmaşık örüntüleri tanımaya ve büyük veri ile çalışmayı kolaylaştıran derin öğrenme algoritmalarının pekiştirmeli öğrenme algoritmaları ile kullanımı enerji tahmininde hızlı ve etkili tahminler yapılmasına katkı sağlamaktadır. Bu bibliyometrik analiz, elektrik tüketim tahmini alanındaki araştırma eğilimleri ve gelişmelerinin ayrıntılı bir değerlendirmesini sunmaktadır. Analiz sonuçları, elektrik tüketim miktarının tahmin edilmesinin önemli bir problem olduğunu ve bu alanda fazlaca çalışma yapıldığını göstermektedir. Tahminleme probleminin çözümü için son yıllarda yapay zekâ alanından yapılan uygulamalar, çalışmalarda sıklıkla yer almaktadır. Bu kapsamda, Web of Science veri tabanındaki elektrik tüketim tahmini alanında 2015 ile 2024 yılları arasında yayınlanan 481 makale R-Studio programının Bibliometrix paketi ile incelendiğinde en üretken ülke Çin olurken en çok atıf alan yazar Bodis ve en fazla yayın yapan kurum Huazhong Bilim ve Teknoloji Üniversitesi olmuştur.

Literatürde yer alan benzer çalışmalarda elektrik tüketim tahmini belirli bir bina bölge ya da uygulama alanında özelleşirken bu çalışmada kısıtlama olmaksızın toplu ve perakende elektrik tüketim tahmini konuları ele alınmıştır. Mevcut çalışmalar, iş binaları, akıllı binalar ya da akıllı şehirler gibi

kısıtlı alanlarda ve yapay zekâ, istatistiksel yöntemler gibi belirli yöntemlerin kullanıldığı benzer çalışmaları özetlerken, bu çalışmada son 10 yıllık süreç içinde elektrik üretim, tüketim ve depolaması alanında yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler sistematik olarak incelenmiş çalışmaların birbiri ile etkileşimleri irdelenmiştir. Bu araştırma sayesinde güncel trendler ve eğilimler anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu sayede gelecek araştırmalara ışık tutmak adına üzerinde yoğunlaşılabilir alanlar vurgulanmıştır.

Tematik harita analizi, tahmin konusunda derin öğrenme temasının en fazla çalışılan ve geçerliliği yüksek bir tema olarak görülürken, Makine öğrenmesi geçerliliği yüksek ve gelişime açık bir alan olarak görülmüştür. Trend konuların yıllara göre dağılımlarına bakıldığında Karar Destek Makineleri, Büyük Veri, Derin Yaklaşımlar, Bina Enerji Gereksinimleri ve Sinir Ağları konularının öncül konular olduğu; Nesnelerin İnterneti, Elektrik İhtiyacı Tahmini ve Enerji Verimliliği konularının en güncel konular olduğu ve Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenmenin en yüksek frekansa sahip olmasının yanı sıra öncül konular ile güncel konuları birbirine bağlayan bir köprü görevi gördüğü görülmektedir. Bu alandaki gelişmenin gelecek yıllarda yapılacak çalışmalara temel oluşturacağı öngörülmektedir.

Tahmin modellerinde Derin Pekiştirmeli Öğrenme algoritmaları kullanımı niş temalar arasında yer almıştır. Tematik haritanın niş tema ve temel tema alanlarında bu tür temaların bulunması, elektrik tüketim tahmininde makine öğrenmesi ve pekiştirmeli öğrenme kullanımına yönelik artan talebi karşılamaya yönelik araştırmayı genişletme fırsatları olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma elektrik tüketim tahmini gibi dinamik süreçlerin tahminlemede kullanılacak yöntemlerin belirlenmesi için stratejik bir yol haritası sunmaktadır. Alan son 10 yılda veri depolama sistemlerindeki gelişimle desteklenerek büyümeye devam etmektedir. Veri depolama ve entegre edilebilir veri modellerinin geliştirilmesi bu alandaki uygulamalı araştırmaların artmasını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Abdelaziz, A., Santos, V., & Dias, M. S. (2021). Machine learning techniques in the energy consumption of buildings: A systematic literature review using text mining and bibliometric analysis. *Energies*, 14(22), 7810.
- Ajibade, S. S. M., Bashir, F. M., Dodo, Y. A., Dayupay, J. P., De La Calzada, L. M., & Adediran, A. O. (2023, October). Application of Machine Learning in Energy Storage: A Scientometric Research of a Decade. In *International Conference on Information and Software Technologies* (pp. 124-135). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Alagumalai, A., Mahian, O., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., Wongwises, S., & Wang, Z. L. (2021). Towards smart cities powered by nanogenerators: Bibliometric and machine learning-based analysis. *Nano Energy*, 83, 105844.
- Assouline, D., Mohajeri, N., & Scartezini, J. L. (2017). Quantifying rooftop photovoltaic solar energy potential: A machine learning approach. *Solar Energy*, 141, 278-296.

- Bedi, J., & Toshniwal, D. (2019). Deep learning framework to forecast electricity demand. *Applied energy*, 238, 1312-1326.
- Bódis, K., Kougias, I., Jäger-Waldau, A., Taylor, N., & Szabó, S. (2019). A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109309.
- Bouktif, S., Fiaz, A., Ouni, A., & Serhani, M. A. (2018). Optimal deep learning lstm model for electric load forecasting using feature selection and genetic algorithm: Comparison with machine learning approaches. *Energies*, 11(7), 1636.
- Carlucci, S., De Simone, M., Firth, S. K., Kjærgaard, M. B., Markovic, R., Rahaman, M. S., ... & Van Treeck, C. (2020). Modeling occupant behavior in buildings. *Building and Environment*, 174, 106768.
- Ciner, M. N., Güler, M., Namlı, E., Samastı, M., Ulu, M., Peker, İ. B., & Gülbaz, S. (2024). The Forecast of Streamflow through Göksu Stream Using Machine Learning and Statistical Methods. *Water*, 16(8), 1125.
- Doruköz, K. D., & Uslu, B. (2023). Yapay Zekânın İş Hayatındaki Yeri: Avantajlar, Dezavantajlar Ve Politikalar. *Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 6(CEEİK 2023 Özel Sayısı), 45-62.
- Dönmez, E., Diker, A., Elen, A., & Ulu, M. (2024). Multiple deep learning by majority-vote to classify haploid and diploid maize seeds. *Scientia Horticulturae*, 337, 113549.
- Garfield, E. (1980). Bradford law and related statistical patterns. *Current contents*, (19), 5-12.
- Godin, B. (2006). On the origins of bibliometrics. *Scientometrics*, 68(1), 109-133.
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National academy of Sciences*, 102(46), 16569-16572.
- Kışlıoğlu, R. S. (2024). Etik Tüketim Üzerine Bir Bibliyometrik Analiz. *Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 124-144.
- Kontokosta, C. E., & Tull, C. (2017). A data-driven predictive model of city-scale energy use in buildings. *Applied energy*, 197, 303-317.
- Le, T. T., Priya, J. C., Le, H. C., Le, N. V. L., Duong, M. T., & Cao, D. N. (2024). Harnessing artificial intelligence for data-driven energy predictive analytics: A systematic survey towards enhancing sustainability. *International Journal of Renewable Energy Development*, 13(2), 270-293.
- Li, Y. (2017). Deep reinforcement learning: An overview. *arXiv preprint arXiv:1701.07274*.
- Liu, T., Tan, Z., Xu, C., Chen, H., & Li, Z. (2020). Study on deep reinforcement learning techniques for building energy consumption forecasting. *Energy and Buildings*, 208, 109675.
- Lu, C., Li, S., & Lu, Z. (2022). Building energy prediction using artificial neural networks: A literature survey. *Energy and Buildings*, 262, 111718.
- Luo, J. (2022). A bibliometric review on artificial intelligence for smart buildings. *Sustainability*, 14(16), 10230.

Olu-Ajayi, R., Alaka, H., Sunmola, F., Ajayi, S., & Mporas, L. (2024). Statistical and Artificial Intelligence-based Tools for Building Energy Prediction: A Systematic Literature Review. *IEEE Transactions on Engineering Management*.

Qiu, X., Ren, Y., Suganthan, P. N., & Amaratunga, G. A. (2017). Empirical mode decomposition based ensemble deep learning for load demand time series forecasting. *Applied soft computing*, 54, 246-255.

Özdemir, A., Nursaçan, M. N. N., & Nursaçan, İ. (2018). 2014-2018 Yılları Arasında Nesnelerin İnterneti (Iot) Üzerine Bir Literatür Taraması. *Bandırma Onyedİ Eylöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 1-22.

Rahman, A., Srikumar, V., & Smith, A. D. (2018). Predicting electricity consumption for commercial and residential buildings using deep recurrent neural networks. *Applied energy*, 212, 372-385.

Ryu, S., Noh, J., & Kim, H. (2016). Deep neural network based demand side short term load forecasting. *Energies*, 10(1), 3.

Sajjad, M., Khan, Z. A., Ullah, A., Hussain, T., Ullah, W., Lee, M. Y., & Baik, S. W. (2020). A novel CNN-GRU-based hybrid approach for short-term residential load forecasting. *Ieee Access*, 8, 143759-143768.

Suganthi, L., & Samuel, A. A. (2012). Energy models for demand forecasting—A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16(2), 1223-1240.

Ulu, M., & Türkan, Y. S. (2024). Bibliometric Analysis of Traffic Accident Prediction Studies from 2003 to 2023: Trends, Patterns and Future Directions. *Promet - Traffic&Transportation*, 36(5), 833–851. <https://doi.org/10.7307/ptt.v36i5.576>

Ulu, M., Menguc, K. (2024). Assessment of Environmental Sustainability Performance Using AHP-Based CODAS and MARCOS Methods: A Comparative Study. In: Durakbasa, N.M., Gençyılmaz, M.G. (eds) *Industrial Engineering in the Industry 4.0 Era*. ISPR 2023. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53991-6_41

Ulu, M., Türkan, Y. S., Mengüç, K., Namlı, E., & Küçükdeniz, T. (2024). Dynamic Forecasting of Traffic Event Duration in Istanbul: A Classification Approach with Real-Time Data Integration. *Computers, Materials & Continua*, 80(2).

Yang, S., Wan, M. P., Chen, W., Ng, B. F., & Dubey, S. (2020). Model predictive control with adaptive machine-learning-based model for building energy efficiency and comfort optimization. *Applied Energy*, 271, 115147.

Yılmaz, G. (2017). Restoranlarda bahşış ile ilgili yayınlanan makalelerin bibliyometrik analizi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliğı Dergisi*, 14(2), 65-79.

Zou, X., Vu, H. L., & Huang, H. (2020). Fifty years of accident analysis & prevention: A bibliometric and scientometric overview. *Accident Analysis & Prevention*, 144, 105568.