

## ERGONOMİ BİLİMİ İLE YAPAY ZEKÂ ARASINDAKİ İLİŞKİ: BİBLİYOMETRİK BİR İNCELEME

Sevil ÇIRAKOĞLU KELLEÇİ<sup>1\*</sup>, Abdullah Ragıp ERSÖZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-6124-0954>

<sup>2</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Öğretmenliği Programı

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-3519-8400>

| Anahtar Kelimeler                              | Öz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ergonomi<br>Yapay zekâ<br>Bibliyometrik analiz | <i>Yapay zekâ, ergonomi uygulamalarını derinden etkileyen ve en yaygın kullanılan teknolojilerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma, endüstriyel dönüşümün merkezinde yer alan yapay zekâ ile ergonomi bilimi arasındaki ilişkiyi bibliyometrik analiz yoluyla inceleyerek, ergonomi alanında gelişmiş teknolojilerin entegrasyonu için mevcut eğilimleri, akademik iş birliklerini ve araştırma önceliklerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Scopus veri tabanında "Ergonomics" ve "Artificial Intelligence" anahtar kelimeleriyle elde edilen, 1977-2024 yılları arasında yayınlanmış 267 makale, bibliyometrik yöntem kullanılarak incelenmiştir. Analiz kapsamında elde edilen veriler, R Studio yazılımındaki bibliometrix kütüphanesi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, yıllık %8,63 büyüme oranıyla düzenli artış gösteren yayınlar, ortalama 21,18 atıf ile yüksek akademik etki düzeyine sahiptir. En sık kullanılan anahtar kelimeler "Ergonomics" (230 kez) ve "Artificial Intelligence" (225 kez) olmuş, çalışmalarda insan merkezli yaklaşımlar ve teknolojik çözümler ön plana çıkmıştır. Alana en fazla katkı sağlayan ülke 200 yayınlı ABD olurken, Birleşik Krallık ve Çin de önemli katkılarda bulunmuştur. Ergonomics dergisi 17 makale ile en fazla yayına sahip kaynak olarak öne çıkmıştır.</i> |

## THE RELATIONSHIP BETWEEN ERGONOMICS SCIENCE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A BIBLIOMETRIC REVIEW

| Keywords                                                       | Abstract                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ergonomics<br>Artificial intelligence<br>Bibliometric analysis | <i>Artificial intelligence has emerged as one of the most widely used technologies, profoundly impacting ergonomic applications. This study aims to explore the relationship between artificial intelligence, which lies at the core of industrial transformation, and the science of ergonomics through bibliometric analysis, uncovering current trends, academic collaborations, and research priorities for integrating advanced technologies into the field of ergonomics. A total of 267 articles published between 1977 and 2024, obtained from the Scopus database using the keywords "Ergonomics" and "Artificial Intelligence," were analyzed using bibliometric methods. The data obtained were evaluated using the bibliometrix package in R Studio software. According to the findings, publications showing a steady annual growth rate of 8.63% have a high level of academic impact, with an average of 21.18 citations per article. The most frequently used keywords were "Ergonomics" (230 times) and "Artificial Intelligence" (225 times), highlighting human-centered approaches and technological solutions in the studies. The United States, contributing 200 publications, was the country making the most significant contribution to the field, followed by the United Kingdom and China. The journal Ergonomics, with 17 articles, stood out as the most prolific source of publications.</i> |
| Araştırma Makalesi                                             | Research Article                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Başvuru Tarihi : 30.01.2025                                    | Submission Date : 30.01.2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Kabul Tarihi : 26.03.2025                                      | Accepted Date : 26.03.2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

\* Sorumlu yazar e-posta: sevilcirakoglu@uludag.edu.tr

## 1. Giriş

Günümüzde ergonomi ve yapay zekâ arasındaki ilişki, özellikle kullanıcı deneyimini iyileştirme ve işyeri verimliliğini artırma alanlarında önemli bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmıştır. Bu disiplinler arası etkileşim, ergonomik prensiplerin yapay zekâ uygulamalarına entegre edilmesi yoluyla teknoloji ile insan yetenekleri ve ihtiyaçları arasında uyum sağlamayı amaçlamaktadır. Ergonomi prensiplerinin yapay zekâ teknolojilerine entegre edilmesi, insan merkezli tasarımı destekleyerek kullanıcıların fiziksel ve bilişsel sınırlamalarını dikkate alan sistemlerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Böylece yapay zekâ uygulamaları, kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda daha etkin ve verimli iş süreçlerine olanak sağlayacak şekilde tasarlanabilecektir. Bu kesişim, insan faktörünü dikkate alarak teknoloji kullanımında sağlığı ve güvenliği, erişilebilirliği ve kullanıcı memnuniyetini artırarak insan merkezli dijital sistemlerin yaygınlaşmasına katkı sağlaması beklenilmektedir.

İnsan benzeri zekâyâ sahip makineler geliştirmek amacıyla 65 yılı aşkın süredir devam eden yapay zekâ araştırmaları sanayi, sağlık, ulaşım, eğitim gibi alanlarda sosyoekonomik yaşamı dönüştüren önemli bir itici güç haline gelmiştir (Jiang, Li, Hao Luo, & Kaynak, 2022). Yapay zekâ son yıllarda küresel ölçekte hızla büyüyerek çeşitli sektörlerde ve toplumda önemli bir etki yaratmakta ve gelecekte de pazar büyümesinin devam etmesi beklenmektedir (Minh, Wang, Li, & Nguyen, 2022). Yapay zekâ, öğrenme ve uyum sağlama yeteneğine sahip algoritmalar aracılığıyla insan zekâsını simüle eden ve böylece geleneksel programlama yöntemlerinden daha iyi performans gösteren teknolojik bir ilerlemeyi temsil etmektedir (Thomson, Figueras, & Grawe, 2023). Makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi çeşitli teknikleri içeren yapay zekâ, sistemlerin büyük veri kümelerindeki karmaşık kalıpları tanımlamasına olanak tanımaktadır (Ramirez, Derton, & Bitterman, 2023).

Ergonomi, Yunanca "ergon" (iş) ve "nomos" (yasalar) kelimelerinden türetilmiş, insan refahını ve sistem performansını iyileştirmeyi amaçlayan, insan ile sistem elemanları arasındaki etkileşimleri inceleyen bilimsel bir disiplin olup, 2000 yılında IEA (International Ergonomics Association) tarafından resmen tanımlanmıştır. Ergonomi, işyerinde güvenliği, verimliliği ve konforu artırmayı hedefleyen; fiziksel, bilişsel ve örgütsel ergonomi gibi çalışma ortamları ile insan etkileşiminin farklı yönlerine odaklanan çeşitli alt dalları içeren çok yönlü bir disiplindir (IEA, 2024). Fiziksel ergonomi, kas-iskelet sistemi bozukluklarını önlemek için işyeri düzenlerinin, manuel malzeme taşıma sistemlerinin, ekipman ve görevlerin, insanların anatomik ve fizyolojik özelliklerine uyum sağlayacak

şekilde tasarlanması üzerine odaklanmaktadır (Donisi, ve diğerleri, 2022). Bilişsel ergonomi; algı, hafıza ve karar verme gibi zihinsel süreçleri analiz ederek bilişsel iş yükünü optimize etmeyi, performansı arttırmayı ve hataları azaltmayı amaçlayan kullanıcı arayüzü tasarımı iyileştirmelerine (Wu, ve diğerleri, 2023) ve örgütsel ergonomi, sosyo-teknik sistemlerin optimizasyonuna odaklanarak ve bunların iletişim, takım çalışması, iş birliği, kalite yönetimi ve geri bildirim gibi çevreyle olan çok katmanlı etkileşimlerini ve ilişkilerini örgütsel yapılar, politikalar, süreçler aracılığıyla araştırır ve genel olarak örgütsel verimliliği artırmayı hedeflemektedir (Bednárová-Gibová, 2020).

Ergonomi bilimi, insan-sistem etkileşimini optimize etmeyi, üretkenlik ve verimliliği artırmayı, çalışma ortamını iyileştirmeyi ve böylece çalışanların yaşam kalitesine katkı sağlamayı hedefleyen bir bilim dalıdır. Bu bağlamda, yapay zekâ tabanlı çözümler, ergonominin iş sağlığı ve güvenliğine katkılarını güçlendirerek saha analizi, risk değerlendirmesi, tehlike tespiti, çalışma ortamı gözetimi ve kök neden analizi gibi uygulamaların yapılmasına olanak sağlamakta; böylece insan faktöründen kaynaklanan iş kazalarının önlenmesini ve daha güvenli çalışma ortamlarının yaratılmasına amaçlamaktadır (Ayan, Taşçı, & Köksal, 2024). Ergonomi alanında kullanılan yapay zekâ sistemleri, işyerlerinde potansiyel tehlikelerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve analiz edilmesi, risk değerlendirmesi, tehlike tanımlaması ve güvenlik protokollerinin geliştirilmesine olanak sağlayarak kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesinde yenilikçi yaklaşımlar sunmakta, ergonomik etkinliği artırmaktadır (Leão, Silva, & Costa, 2024). Bilişsel ergonomi, yapay zekânın insanın bilişsel süreçleriyle uyumlu hale getirilmesini, böylece sistemlerin karar alma süreçlerinin desteklenmesini ve bilişsel yükün azaltılmasını amaçlamaktadır. Neyigapula (2023) araştırmasında, insan ve yapay zekâ iş birliği karar alma sürecindeki bilişsel ergonomiyi inceleyerek, bilişsel iş yükü kalıpları, arayüz tasarımının karar alma verimliliği üzerindeki etkisi, güven ve şeffaflığın yapay zekâ bağımlılığına etkisi ve kullanıcı tercihleri ile tutumlarının iş birliği modelleri üzerindeki rolünü ortaya koymuştur (Neyigapula, 2023). Yapay zekâ ile bilişsel ergonomi arasındaki sinerji, yapay zeka teknolojilerinin insanın bilişsel süreçleri, kapasiteleri ve sınırlamaları dikkate alınarak tasarlanması ve entegre edilmesi gerektiğini ve bu entegrasyonun işyeri verimliliğini ve çalışanların refahını iyileştirmede önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir (Rostami, Soltani, & Anoooshe, 2023). Souto vd. (2023) çalışmalarında, sürekli oturma pozisyonunda çalışan bilgi teknolojileri profesyonelleri için duruş tahmini ve geliştirilmiş ergonomik yaklaşımlar sağlayarak, iş

yerindeki kötü ergonominin sağlık risklerini azaltmada yapay zekâ uygulamalarının potansiyelini inceleyerek yaralanma risklerini en aza indirmektedir (Souto, Peixoto, Costa, & Elleres, 2023). Yapay zekâ ve makine öğrenimi süreçlerine insan faktörleri ve tasarım hedeflerinin entegrasyonu, kullanıcıya uygun ergonomik tasarımın önemini vurgularken; sezgisel, erişilebilir ve sürdürülebilir kullanıcı arayüzlerinin geliştirilmesine odaklanarak inovasyon, estetik ve işlevselliği dengelemektedir (Leão, Silva, & Costa, 2024). Fiziksel ergonomi alanında, yapay zekâ ve giyilebilir sensörlerin bir arada kullanımıyla, iş aktivitelerinden kaynaklanan kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarını önlemek için yüksek tanı ve önleyici analiz potansiyeline sahip yenilikçi yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler, sensörlerden elde edilen biyomekanik verilerin yapay zekâ ile işlenmesi yoluyla iş sağlığı ve ergonomik tasarımın sürdürülebilirliğini desteklemektedir (Donisi, ve diğerleri, 2022). Sanal gerçeklik (VR) ve yapay zekânın keşfi, dijital ortamlarda ergonominin kullanıcı etkileşimini geliştirme potansiyelini belirgin bir şekilde ortaya koymaktadır (Enebechi & Duffy, 2020). Yapay zekâ teknolojilerinin etkili ve insan odaklı uygulanmasını sağlamak amacıyla, iş süreçlerinin yedi düzeyde gözlemlenmesine dayanan üç sistematik literatür incelemesinde 237 kaynak analiz edilmiş, insan faktörleri, ergonomi ve katılım alanlarındaki araştırma boşlukları vurgulanmış, tahminler ile doğrulanabilir gerçekler arasındaki geçişin önemi vurgulanmıştır (Petrat, 2021).

Yapay zekâ ve ergonomi arasındaki ilişkide, insan faktörleri topluluğunun etik ilkeleri tasarım süreçlerine entegre etmesi, otomasyon ve insan iş birliğinin dengesine katkıda bulunarak disiplinler arası araştırma fırsatlarından yararlanması, yapay zekâ sonuçlarının kontrolünü ve hesap verebilirliğini sağlaması ve yapay zekâ paydaşları arasındaki güç dengesizliklerini ortadan kaldırması gerekmektedir. Ergonomi ve AI'nın entegrasyonu sayısız fayda sağlarken, kullanıcı özerkliği ve teknolojiye aşırı güvenme potansiyeli ile ilgili etik hususları da gündeme getirir. Bu yönleri dengelemek, her iki alanda da sürdürülebilir kalkınma önemlidir (Grote, 2023). Ergonomi ile yapay zekânın entegrasyonu, bir dizi avantaj sunmakla birlikte, özellikle etik etkiler ve kullanıcıların AI sistemleriyle etkileşimlerine dair anlayış eksikliklerinin giderilmesi adına devam eden araştırmalara duyulan ihtiyaç gibi önemli zorluklar da mevcuttur. Bu çerçevede, yapay zekâ sistemlerinin kullanıcı dostu bir şekilde tasarlanabilmesi ve etik ilkeler doğrultusunda işlevsel olabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ergonomi ve yapay zekâ entegrasyonu birçok fayda sağlarken, kullanıcı özerkliği ve teknolojiye aşırı bağımlılık riski gibi etik endişeleri de beraberinde getirmekte; Bu dengeyi

tutturmak, sorumlu yapay zekâ gelişimi için dikkat edilmesi bir gerekliliktir (Kourtesis, 2024).

Ergonomi ve yapay zekâ arasındaki ilişki, her iki alanın da kullanıcı deneyimini ve sistem verimliliğini iyileştirme amacına hizmet etmesi nedeniyle giderek daha önemli hale gelmektedir. Ergonomi insan-sistem etkileşimlerini optimize etmeye odaklanırken, yapay zekâ insan ihtiyaçlarına uyum sağlayabilen gelişmiş yetenekler sunmaktadır. Bu iş birliği, kullanıcı refahını ve bilişsel verimliliği ön planda tutarak daha etkili teknolojilerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynaması beklenilmektedir. Bu nedenle ergonomi ve yapay zekâ entegrasyonunun hangi alanlarda kullanıldığını ve bu iki kavram bağlamında literatürün nasıl geliştiğini anlamak önem taşımaktadır. Geçmişten günümüze akademik yayınlarla ilişkilendirilen temel kavramların ve bu kavramların kavramsal haritasının gelecekte yapılacak çalışmalara yön vermesi açısından genel bir bakış sunabilmesi nedeniyle bu çalışma yapılmıştır.

Bu kapsamda belirlenen parametreler doğrultusunda 2004-2024 yılları arasında Scopus indeksinde yayınlanan makaleler bibliyometrik analizle incelenecektir. Pritchard (1969) tarafından matematiksel ve istatistiksel tekniklerin akademik iletişim araçlarına uygulanması olarak tanımlanan bibliyometri, belirli bir alandaki araştırma eğilimlerini analiz etmek için etkili bir yöntemdir (Aslanci, 2022; Bayrak & Aslanci, 2022). Akademik yayınların bilgi, yazar, yayımlanan dergi ve konu gibi özelliklerinin nicel analizi bibliyometrik analiz olarak tanımlanmaktadır (Al & Tonta, 2004). Bu çalışmanın Ergonomi ve Yapay Zekâ entegrasyonu alanındaki olanakları ortaya koyması ve bu alandaki genel literatürü özetlemesi açısından özgün olduğu, ayrıca gelecek çalışmalara katkı sağlayacağı ve yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

## 2. Yöntem

Bu çalışmada, yapılandırılmamış verilerin analizi ve haritalanmasına olanak sağlayan bibliyometrik yöntemle (Donthu, Kumar, Mukherjee, Pandey, & Lim, 2021) ergonomi ve yapay zekânın bütünleştirilmesine ilişkin literatür incelenmiştir. Bibliyometrik analiz çalışmalarında yaygın olarak kullanılan veri tabanları arasında Web of Science, Scopus ve Google Scholar yer almaktadır (Karagöz & Şeref, 2019). Bu çalışmada bibliyometrik analiz için gerekli veriler Scopus veri tabanında "Ergonomics" ve "Artificial Intelligence" kelimelerinin aratılması ile elde edilen veriler kullanılmıştır. R Studio programının bibliometrix (Aria ve Cuccurullo, 2017) kütüphanesi kullanılarak veriler üzerinde bibliyometrik analiz yapılmıştır. Scopus veritabanı veri sorgulaması ile ilgili yapılan filtreleme işlemi Şekil 1'deki gibidir.

**Scopus Veri Arama Sorgusu**

( TITLE-ABS-KEY ( ergonomics ) AND TITLE-ABS-KEY ( "artificial intelligence" ) ) AND  
( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) )

Results: Toplam 267 makale, 1021 kaynak, 4420 yazar

**Şekil 1. Scopus Veritabanında Veri Arama Sorgusu ve Veri Filtreleme**

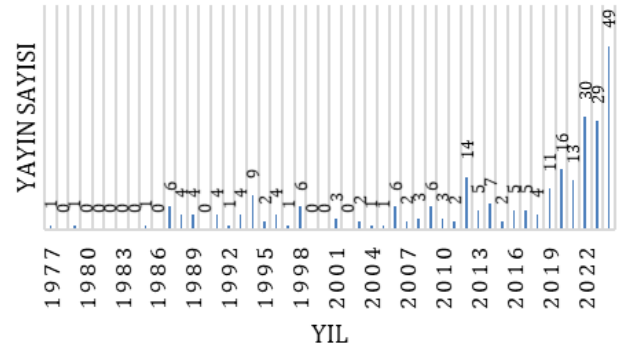
Şekil 1’de görüldüğü gibi scopus veritabanında “ergonomics” ve “artificial intelligence” kelimeleri aratılarak 1021 adet kaynaktan 4420 yazarın araştırmacısı olduğu toplam 267 makaleye ait elde edilen veriler araştırmada kullanılmıştır.

**Tablo 1. Veriler ile İlgili Temel Bilgiler**

| Özellik                              | Sonuç     |
|--------------------------------------|-----------|
| Yayınlanma Aralığı                   | 1977:2024 |
| Kaynaklar (Dergiler, Kitaplar vb.)   | 167       |
| Dokümanlar                           | 267       |
| Yıllık Büyüme Oranı %                | 8,63      |
| Ortalama Yayın Yaşı                  | 10,1      |
| Yayın Başına Aldığı Atıf Ortalaması  | 21,18     |
| Yayın İçerikleri                     |           |
| Keywords Plus (ID)                   | 2706      |
| Yazar anahtar kelimeleri (DE)        | 893       |
| Yazarlar                             |           |
| Yazar Sayısı                         | 906       |
| Tekil yazar sayısı                   | 41        |
| Yazar İşbirlikleri                   |           |
| Tek yazarlı yayınlar                 | 42        |
| Yayın başına ortak yazar sayısı      | 3,67      |
| Uluslararası ortak yazar indeksi (%) | 19,85     |
| Doküman Tipleri                      |           |
| Araştırma makalesi                   | 267       |

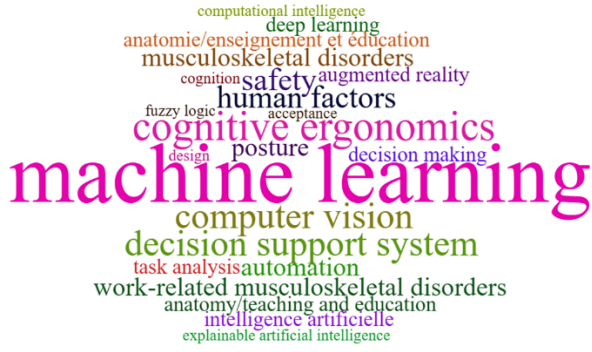
Bibliyometrik analiz sonuçlarına göre, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki yayınlar 1977 ile 2024 yılları arasında düzenli bir artış göstermiş ve yıllık büyüme oranı %8,63 olarak hesaplanmıştır. Toplamda 267 akademik doküman, 167 farklı kaynaktan elde edilmiştir. Yayınların tamamı araştırma makalesi türündedir ve bu durum, alanın yoğun akademik ilgi gördüğünü göstermektedir. Yayın başına düşen ortalama 21,18 atıf sayısı, çalışmaların akademik etki düzeyinin yüksek olduğunu ve literatürde önemli bir yer tuttuğunu işaret etmektedir. Ayrıca, analiz edilen çalışmaların ortalama yayın yaşı 10,1 yıl olarak belirlenmiştir; bu da literatürün hem geçmişten gelen birikime dayandığını hem de güncel bir ilgi alanı olduğunu göstermektedir.

Yayınlarda kullanılan anahtar kelimelere ait Tablo 1’deki sonuçlar incelendiğinde, toplamda 2706 Keywords Plus ve 893 yazar anahtar kelimesi bulunduğu görülmüştür. Bu durum, ergonomi ve yapay zekâ konularının geniş bir tematik çeşitliliğe sahip olduğunu ve çok disiplinli araştırma yapısını desteklediğini ortaya koymaktadır. Toplamda 906 yazar tarafından hazırlanan çalışmalar, yazar başına ortalama 3,67 ortak çalışma ile güçlü bir iş birliği kültürüne işaret etmektedir. Ancak, tekil yazar sayısının 41 olması, bu alanda bireysel çalışmaların sınırlı kaldığını ve ekip çalışmalarının daha baskın bir yaklaşım olduğunu göstermektedir şeklinde yorumlanabilir. Uluslararası ortak yazar oranının %19,85 düzeyinde kalması ise global ölçekte iş birliklerinin henüz yeterince gelişmediğini düşündürmektedir. Tüm bu veriler, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki akademik üretimin büyüyen ve genişleyen bir araştırma ağıyla desteklendiğini göstermektedir.

**Şekil 2. Yıllara Göre Yayın Sayıları**

Şekil 2, ergonomi ve yapay zekâ alanında yıllara göre yayın sayılarının değişimini göstermektedir. Grafikten, bu alandaki yayınların başlangıç yıllarında oldukça sınırlı olduğu, ancak zamanla belirgin bir artış eğilimi sergilediği görülmektedir. Özellikle 2011 ve sonrasında yayın sayılarında kayda değer bir artış yaşanmış ve bu eğilim, 2023 yılında zirveye ulaşmıştır. 2023 yılında toplam 49 yayın ile en yüksek seviyeye ulaşılmıştır, bu da son yıllarda alanın artan bir akademik ilgi gördüğünü ve hızla gelişmekte olduğunu işaret etmektedir.

Erken dönemlerde (1977-2000) yayın sayısının oldukça düşük olması, bu alanların birleşimindeki araştırma faaliyetlerinin o dönemde sınırlı olduğunu göstermektedir. Ancak 2010’dan itibaren bu iki disiplinin daha yoğun bir şekilde bir araya geldiği ve bu dönemin alan için bir ivme kazandırdığı söylenebilir. 2020’li yıllarda ise hızlı artışın devam ettiği ve bu iki alanın daha popüler hale geldiği görülmektedir. Bu eğilim, alanın hem teorik hem de pratik katkılar açısından daha fazla araştırmacıyı cezbediğini ortaya koymaktadır.



Şekil 3. Yazar Anahtar Kelime Bulutu

Tablo 2. Yazar Anahtar Kelime Kullanım Frekansları

| Anahtar Kelime                  | f  |
|---------------------------------|----|
| Yapay zekâ                      | 64 |
| Ergonomi                        | 48 |
| Makine öğrenmesi                | 16 |
| Bilişsel ergonomi               | 8  |
| Bilgisayarlı görme              | 7  |
| Karar destek sistemleri         | 7  |
| İnsan faktörü                   | 6  |
| Emniyet                         | 6  |
| Otomasyon                       | 5  |
| İskelet sistemi rahatsızlıkları | 5  |

Şekil 3'te yer alan anahtar kelime bulutu ve Tablo 2'de sunulan anahtar kelime frekansları, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki akademik çalışmaların tematik odaklarını ortaya koymaktadır. Anahtar kelime bulutunda, daha büyük boyutlarda yer alan terimlerin daha yüksek frekansa sahip olduğu ve alandaki araştırmaların ana odak noktalarını temsil ettiği görülmektedir.

Tablo 2'ye göre, "Yapay zekâ" (64 kez) ve "Ergonomi" (48 kez) en sık kullanılan anahtar kelimelerdir, bu da alanın temel yapı taşlarını oluşturduğunu göstermektedir. Bunun ardından "Makine öğrenmesi" (16 kez) gelmekte ve bu da teknolojik çözümlerin ergonomik problemleri ele almadaki önemli rolünü işaret etmektedir. Daha özellikli anahtar kelimeler arasında "Bilişsel ergonomi" (8 kez), "Bilgisayarlı görme" (7 kez) ve "Karar destek sistemleri" (7 kez) bulunmaktadır. Bu terimler, alanın çok disiplinli yapısını yansıtarak bilişsel bilimler, görüntü işleme ve karar verme süreçleriyle entegrasyonunu ortaya koymaktadır.

Şekil 3, bu temaların görselleştirilmesine olanak sağlayarak, "Machine Learning" ve "Cognitive Ergonomics" gibi terimlerin diğerlerine kıyasla daha belirgin şekilde vurgulandığını göstermektedir. Bununla birlikte, Tablo 2'de yer alan "İnsan faktörü" (6 kez), "Emniyet" (6 kez) ve "Otomasyon" (5 kez)

gibi terimler, ergonomi alanının klasik sorunlarını çözmek için yapay zekâ ve ilgili teknolojilerin nasıl kullanıldığını göstermektedir. Ayrıca, "İskelet sistemi rahatsızlıkları" gibi biyomekanik odaklı anahtar kelimelerin de listede yer alması, yapay zekâ teknolojilerinin insan sağlığına yönelik ergonomik problemlerde uygulama alanı bulduğunu göstermektedir.

Bu bulgular, ergonomi ve yapay zekâ disiplinlerinin kesişimindeki çalışmaların, teorik katkılarının yanı sıra pratik sorunları çözme potansiyeline de sahip olduğunu vurgulamaktadır. Anahtar kelime frekanslarının ve bulutunun analizi, alandaki tematik yoğunlaşmayı ve ilerleyen yıllarda hangi alanların daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyabileceğini anlamak açısından önemlidir.



Şekil 4. Anahtar Kelime Bulutu

Tablo 3. İndeks Anahtar Kelime (Keywords Plus) Frekansları

| Anahtar Kelime       | f   |
|----------------------|-----|
| Ergonomi             | 230 |
| Yapay zekâ           | 225 |
| İnsan                | 110 |
| Madde                | 88  |
| İnsanlar             | 74  |
| Yetişkin             | 46  |
| Erkek                | 44  |
| Otomasyon            | 41  |
| Kadın                | 37  |
| Risk değerlendirmesi | 29  |

Şekil 4'te yer alan Keywords Plus bulutu ve Tablo 3'teki frekans verileri, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki çalışmaların indekslenmiş anahtar kelimeler üzerinden tematik yapılarını yansıtmaktadır. Şekil 4'te daha büyük boyutlu terimlerin yoğun kullanımını vurguladığı görülürken, Tablo 3, anahtar kelimelerin kullanım sıklığını sayısal olarak sunmaktadır.

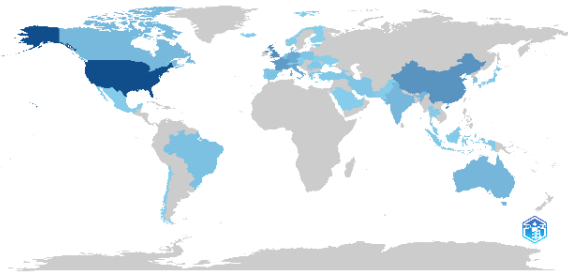


Tablo 3'e göre, "Ergonomi" (230 kez) ve "Yapay zekâ" (225 kez) en sık kullanılan indeks anahtar kelimelerdir. Bu iki kelimenin çok sık kullanımı, çalışmaların ana tematik odağını açıkça ortaya koymaktadır. "İnsan" (110 kez) ve "İnsanlar" (74 kez) gibi kelimeler, bu disiplinlerin insan merkezli bir yaklaşım benimsediğini ve ergonomi ile yapay zekânın özellikle insan faktörüne yönelik problemlerin çözümüne odaklandığını göstermektedir. Ayrıca, "Madde" (88 kez) ve "Yetişkin" (46 kez) gibi terimler, araştırmaların demografik ve deneysel odaklarını ortaya çıkarmaktadır.

Şekil 4'te "Human" ve "Humans" gibi kelimelerin büyük boyutta gösterilmesi, çalışmalarda insan merkezli bakış açısını vurgulamaktadır. "Automation" (41 kez) ve "Risk değerlendirmesi" (29 kez) gibi terimler ise yapay zekâ teknolojilerinin ergonomi alanındaki operasyonel ve stratejik uygulamalarını temsil etmektedir. Ayrıca, "Kadın" (37 kez) ve "Erkek" (44 kez) gibi demografik terimlerin sıklıkla kullanılması, çalışmalarda cinsiyet temelli değerlendirmelere de yer verildiğini göstermektedir.

Bu bulgular, ergonomi ve yapay zekâ alanında yapılan çalışmaların, teknolojik çözümlerin insan davranışı, güvenliği ve otomasyona yönelik etkilerini kapsamlı bir şekilde ele aldığını ortaya koymaktadır. Anahtar kelime bulutu ve frekans tablosu birlikte değerlendirildiğinde, bu disiplinlerin birleşiminin insan-odaklı inovasyonlar ve uygulamalara katkı sağladığı anlaşılmaktadır.

Country Scientific Production



**Şekil 5. Ergonomi ve Yapay Zekâ Ülkelerin Bilimsel Üretim Sayıları Haritası**

**Tablo 4. Ülkelerin Bilimsel Yayın Üretim Frekansları**

| Ülke             | Bilimsel Yayın Sayısı |
|------------------|-----------------------|
| ABD              | 200                   |
| Birleşik Krallık | 97                    |
| Çin              | 89                    |
| Fransa           | 76                    |
| İtalya           | 58                    |
| Almanya          | 56                    |

|           |    |
|-----------|----|
| Hindistan | 34 |
| Kanada    | 32 |
| Belçika   | 27 |
| Brezilya  | 20 |

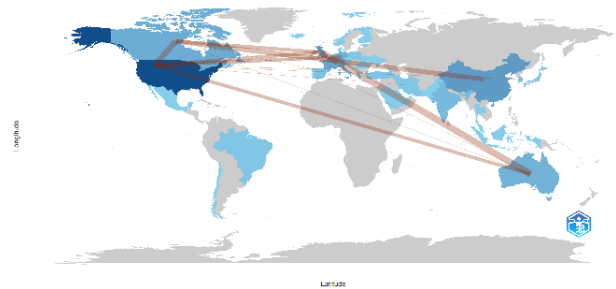
Tablo 4, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki bilimsel yayınların ülkelere göre dağılımını göstermektedir. Bu tablo, ülkelerin akademik üretkenlik açısından alandaki katkılarını ve araştırma yoğunluğunu karşılaştırma fırsatı sunmaktadır.

ABD, toplam 200 yayın ile açık ara en fazla bilimsel katkısı sağlayan ülke olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, ABD'nin geniş akademik altyapısı, yüksek araştırma fonları ve bu alandaki güçlü üniversite-sanayi iş birliklerini yansıtmaktadır. Birleşik Krallık (97 yayın) ve Çin (89 yayın), sırasıyla ikinci ve üçüncü sırada yer alarak alana kayda değer bir katkı sağlamaktadır. Birleşik Krallık, ergonomi ve yapay zekâ araştırmalarında geleneksel akademik liderliğini korurken, Çin son yıllarda bu alandaki hızlı yükselişiyle dikkat çekmektedir.

Fransa (76 yayın) ve İtalya (58 yayın) gibi Avrupa ülkeleri, bu alandaki üretkenliklerini devam ettirirken, Almanya'nın 56 yayın ile İtalya'nın hemen ardından geldiği görülmektedir. Avrupa ülkelerinin genelde yüksek akademik standartlarını koruyarak ergonomi ve yapay zekâ arasındaki disiplinler arası araştırmalara önemli katkılar sunduğu söylenebilir. Hindistan (34 yayın) ve Kanada (32 yayın) ise alanda büyüyen katkılarıyla dikkat çekmektedir. Özellikle Hindistan'ın teknolojiye erişimi ve genç araştırmacı nüfusu sayesinde bu alandaki potansiyelini artırdığı söylenebilir.

Belçika (27 yayın) ve Brezilya (20 yayın) gibi nispeten düşük üretim yapan ülkeler, ergonomi ve yapay zekâ araştırmalarına katkı sağlamaya devam etmekte ancak toplam üretkenlik açısından diğer ülkelerin gerisinde kalmaktadır. Bu tablo, alandaki araştırma faaliyetlerinin coğrafi dağılımını yansıtırken, aynı zamanda ülkelerin akademik altyapı, finansal destek ve araştırma odağı konusundaki farklılıklarını ortaya koymaktadır.

Country Collaboration Map

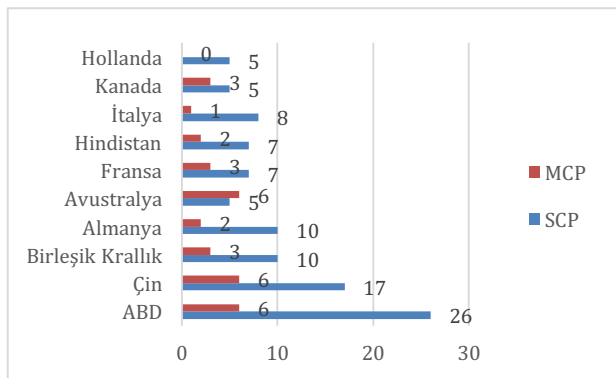


**Şekil 6. Ergonomi ve Yapay Zekâ Alanında Ülkelerarası Bilimsel Yayın İşbirliği Haritası**

Şekil 6, ergonomi ve yapay zekâ alanında ülkelerarası bilimsel yayın iş birliklerini haritalandırmaktadır. Harita, araştırma alanında uluslararası iş birliklerinin yoğunluğunu ve coğrafi dağılımını görselleştirmektedir.

Haritada ABD, hem bilimsel üretkenlik hem de iş birliği ağı açısından merkezi bir konumda yer almakta ve dünyanın farklı bölgelerindeki ülkelerle güçlü bağlantılar kurduğu gözlemlenmektedir. Özellikle Birleşik Krallık, Almanya, Çin ve Kanada ile ABD arasındaki iş birlikleri belirgin şekilde vurgulanmıştır. Bu durum, ABD'nin araştırma ağında lider bir rol oynadığını ve ergonomi ile yapay zekâ alanındaki projelerde uluslararası iş birliğini aktif bir şekilde teşvik ettiğini göstermektedir.

Avrupa ülkeleri arasında, Birleşik Krallık, Fransa, Almanya ve İtalya'nın birbirleriyle ve diğer kıtalarla yoğun iş birlikleri yaptığı dikkat çekmektedir. Avrupa'nın akademik iş birliklerinde yüksek bir entegrasyon düzeyine sahip olduğu ve disiplinler arası çalışmalarda lider bir rol oynadığı anlaşılmaktadır. Benzer şekilde, Asya kıtasında Çin'in, ABD ve Avrupa ülkeleriyle iş birliğinde önemli bir rol oynadığı gözlemlenmiştir. Harita aynı zamanda Hindistan, Kanada, Avustralya ve Brezilya gibi ülkelerin daha sınırlı ama yine de belirgin iş birlikleri olduğunu göstermektedir. Avustralya'nın, özellikle Asya ve Avrupa ülkeleriyle bağlantı kurduğu görülmektedir. Güney Amerika'dan Brezilya'nın iş birlikleri ise daha az yoğun olmakla birlikte gelişmekte olan bir yapı sergilemektedir. Genel olarak, harita, ergonomi ve yapay zekâ alanında uluslararası iş birliklerinin giderek küreselleştiğini, ancak yoğun iş birliklerinin ağırlıklı olarak Kuzey Amerika, Avrupa ve Doğu Asya arasında gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Bu iş birliklerinin daha da geliştirilmesi, alanın bilimsel katkılarını artırabilir ve küresel ölçekte daha fazla çeşitliliği teşvik edebilir.



**Şekil 7. Tek (SCP) ve Çoklu (MCP) Sorumlu Yazarların Ükelere Göre Dağılımı**

Şekil 7, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki bilimsel yayınlarda tek (SCP: Single Country Publications) ve çoklu (MCP: Multiple Country Publications) sorumlu yazarlık durumunun ülkelere göre dağılımını

göstermektedir. Bu grafik, ülkelerin yerel ve uluslararası düzeydeki araştırma iş birliği yapısını karşılaştırmaya olanak tanımaktadır.

ABD, 26 SCP ve 6 MCP ile hem yerel hem de uluslararası araştırmalarda en yüksek üretkenliğe sahip ülke olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, ABD'nin ulusal araştırma kapasitesinin büyüklüğünü ve aynı zamanda küresel iş birliği ağındaki rolünü göstermektedir. Benzer şekilde, Çin 17 SCP ve 6 MCP ile yüksek düzeyde ulusal yayın üretirken uluslararası iş birliklerinde de güçlü bir varlık sergilemektedir.

Birleşik Krallık, Almanya ve Avustralya, 10 SCP ile dikkat çekerken MCP oranları nispeten daha düşük kalmıştır. Bu, bu ülkelerin ulusal araştırma kapasitelerine odaklandığını, ancak uluslararası iş birliklerini de belirli bir düzeyde sürdürdüğünü göstermektedir. Fransa, Hindistan ve Kanada gibi ülkeler ise benzer şekilde hem ulusal hem de uluslararası düzeyde dengeli bir iş birliği profili sergilemektedir. Hollanda, yalnızca 5 SCP ile grafik üzerinde düşük bir ulusal üretim göstermekte ve MCP verisinin olmaması, uluslararası iş birliklerinin bu alandaki yayınlar için sınırlı olduğunu göstermektedir. İtalya'nın 8 SCP ile görece yüksek bir yerel yayın üretimi sergilediği, ancak MCP'nin düşük olması (1 MCP), uluslararası iş birliklerinin geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Genel olarak, grafik, ergonomi ve yapay zekâ alanında ülkelerin ulusal araştırma kapasitelerinin farklılıklarını ve uluslararası iş birliği yoğunluklarını gözler önüne sermektedir. ABD ve Çin gibi ülkeler hem yerel hem de uluslararası düzeyde liderlik ederken, Avrupa ülkeleri genelde dengeli bir üretim ve iş birliği profili sergilemektedir. Bu bulgular, araştırma ağlarının genişletilmesi ve uluslararası iş birliklerinin teşvik edilmesi için potansiyel alanlar sunmaktadır.

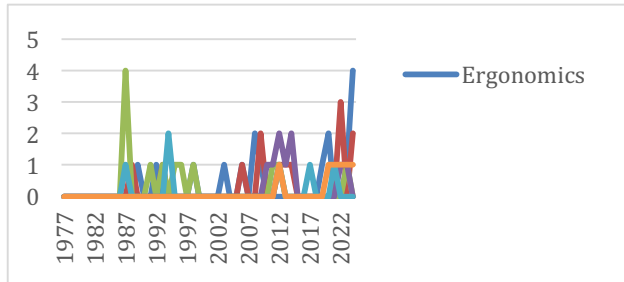
**Tablo 5. Ergonomi ve Yapay Zekâ ile İlgili Yayın Yapan Kaynaklar ve Yayın Sayıları**

| Kaynaklar                                      | Makale Sayısı |
|------------------------------------------------|---------------|
| Ergonomics                                     | 17            |
| Applied Ergonomics                             | 13            |
| International Journal Of Industrial Ergonomics | 12            |
| Human Factors                                  | 9             |
| Computers and Industrial Engineering           | 6             |
| Human Factors And Ergonomics In Manufacturing  | 6             |
| Ergonomics in Design                           | 5             |
| Sustainability (Switzerland)                   | 4             |
| Cognition, Technology and Work                 | 3             |

Tablo 5, ergonomi ve yapay zekâ alanında yayın yapan kaynakları ve her bir kaynağın makale sayısını göstermektedir. Bu tablo, alandaki akademik katkılarının hangi dergilerde yoğunlaştığını ve literatürün dağılımını değerlendirme açısından önemli veriler sunmaktadır.

Tablodan görüldüğü üzere, Ergonomics dergisi, toplam 17 makale ile bu alandaki en fazla yayın yapan kaynak olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, derginin ergonomi disiplindeki öncü rolünü ve yapay zekâ ile olan kesişim alanlarına odaklandığını göstermektedir. Applied Ergonomics (13 makale) ve International Journal of Industrial Ergonomics (12 makale), sırasıyla ikinci ve üçüncü sırada yer almakta, her ikisi de ergonomi alanındaki önemli katkılarıyla tanınan dergiler arasında bulunmaktadır. Human Factors dergisi ise 9 makale ile bu listeye önemli bir katkıda bulunmuş olup, özellikle insan faktörleri odaklı araştırmalarda temel bir kaynak işlevi görmektedir. Computers and Industrial Engineering ve Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, altışar makale ile daha çok endüstriyel uygulamalara yönelik çalışmalara yer veren kaynaklar arasında dikkat çekmektedir.

Daha az yayın yapmasına rağmen, Ergonomics in Design (5 makale) ve Sustainability (Switzerland) (4 makale) gibi dergiler, ergonomi ve yapay zekânın tasarım süreçlerine ve sürdürülebilirlik konularına olan katkısını göstermektedir. Cognition, Technology and Work dergisi ise 3 makale ile daha az sayıda yayına ev sahipliği yapmış, ancak alanın bilişsel ve teknolojik yönlerini ele alan önemli bir kaynak olmuştur.

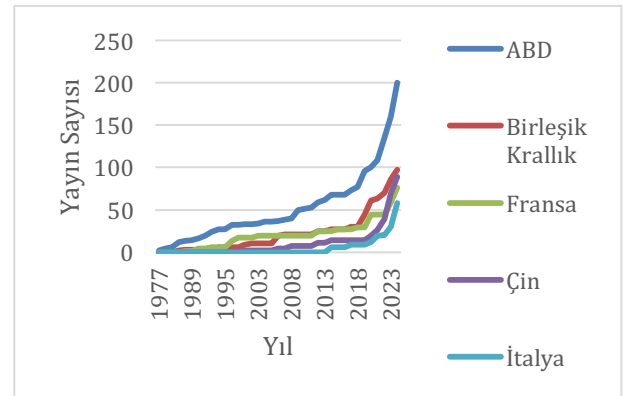


**Şekil 8. Kaynakların Ergonomi ve Yapay Zekâ ile İlgili Yıllara Göre Yayın Sayıları**

Şekil 8, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki yayınların yıllara göre farklı kaynaklarda nasıl dağıldığını görselleştirmektedir. Bu grafik, kaynakların zaman içinde alandaki akademik katkılarını ve hangi dönemlerde öne çıktıklarını değerlendirme açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

Grafikten, Ergonomics dergisinin 2020'li yıllarda belirgin bir artış gösterdiği ve bu alanda en fazla yayın yapan kaynaklardan biri olduğu açıkça görülmektedir. Özellikle 2023 yılında yayın sayılarında zirve yapmıştır. Bu eğilim, derginin son

yıllarda yapay zekâ ve ergonomi konularına artan bir ilgi gösterdiğini ve bu alandaki gelişmeleri yakından takip ettiğini ortaya koymaktadır. Applied Ergonomics ve Human Factors dergileri ise 2010'dan sonra düzenli bir şekilde katkı sağlamaya başlamış, özellikle 2021-2023 döneminde önemli bir artış göstermiştir. Bu, bu dergilerin ergonomi ve yapay zekâ arasındaki disiplinler arası çalışmalara güçlü bir şekilde entegre olduğunu göstermektedir. International Journal of Industrial Ergonomics, 1980'lerin sonlarında tek bir zirve noktası göstermesine rağmen, son yıllarda bu alandaki katkılarında azalma olduğu dikkat çekmektedir. Bu, derginin dönemsel olarak bu alana yoğunlaştığını ancak son yıllarda diğer dergilere kıyasla daha az yayın sunduğunu göstermektedir. Computers and Industrial Engineering ve Human Factors and Ergonomics in Manufacturing gibi endüstri odaklı dergiler, daha sınırlı sayıda yayın yapmış olmakla birlikte, son yıllarda bu alana daha fazla katkı sağlamaya başlamışlardır. Özellikle teknolojik gelişmelerin endüstriyel uygulamalara entegrasyonu ile bu dergilerin katkısının arttığı anlaşılmaktadır. Genel olarak, Şekil 8, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki yayınların belirli bir zaman diliminde farklı kaynaklarda yoğunlaştığını ve son yıllarda artan bir ivme ile bu alanda daha fazla akademik ilginin oluştuğunu ortaya koymaktadır. Bu trend, alanın giderek daha fazla önem kazandığını ve literatürün daha geniş bir yelpazeye yayıldığını göstermektedir.



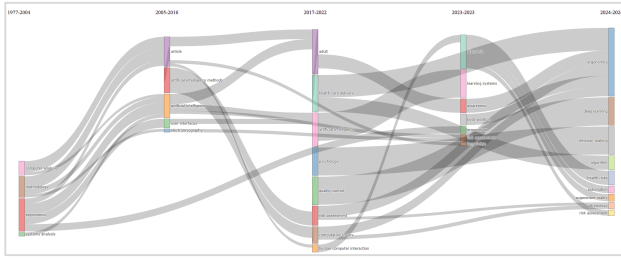
**Şekil 9. Ülkelerin Ergonomi ve Yapay Zekâ ile İlgili Yıllara Göre Yayın Sayıları**

Şekil 9, ergonomi ve yapay zekâ ile ilgili yayınların yıllara göre belirli ülkelerdeki dağılımını göstermektedir. Grafik, ülkelerin alandaki katkılarının yıllar içinde nasıl değiştiğini ve geliştiğini açıkça ortaya koymaktadır. Grafikte ABD, 1980'li yıllardan itibaren ergonomi ve yapay zekâ alanında öncü bir rol oynamış ve yıllar içinde bu alandaki katkılarını sürekli olarak artırmıştır. Özellikle 2010'lu yıllardan sonra ABD'nin yayın sayılarında belirgin bir artış gözlemlenmekte ve 2024 yılında 200'ü aşkın yayına ulaşarak diğer ülkelerin oldukça önünde yer aldığı görülmektedir.



Bu durum, ABD'nin güçlü araştırma altyapısı ve bu alandaki liderliğini vurgulamaktadır. Birleşik Krallık, Fransa ve Çin, 2000'li yılların başından itibaren yayın sayılarını artırmış, özellikle 2020 sonrası dönemde bu artış daha da belirgin hale gelmiştir. Birleşik Krallık, akademik yayın üretiminde ABD'den sonra en yüksek ivmeye sahip ülkelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Fransa ise benzer şekilde artış göstererek ergonomi ve yapay zekâ alanına düzenli katkıda bulunmaya devam etmektedir. Çin'in, 2010'lu yılların ortalarından itibaren hızlı bir yükseliş sergilediği görülmekte, bu da ülkenin son yıllarda artan bilimsel yatırımlarının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

İtalya, diğer ülkelere kıyasla daha düşük bir başlangıç noktasına sahip olmasına rağmen, son yıllarda yayın sayılarını artırmıştır. Bu artış, İtalya'nın da alanın gelişimine katkı sağlamaya yönelik büyüyen bir ilgi gösterdiğini göstermektedir. Genel olarak grafik, ergonomi ve yapay zekâ alanında özellikle ABD ve Avrupa ülkelerinin liderliğini koruduğunu, Çin'in ise son yıllarda hızlı bir şekilde bu alanda etkinliğini artırdığını ortaya koymaktadır. Bu trend, alanın giderek daha küresel hale geldiğini ve farklı ülkeler arasında bilimsel iş birliği ve rekabetin arttığını göstermektedir.



**Şekil 10. Dönemsel Tematik İlişki Şeması**

Şekil 10, 1977-2024 yılları arasındaki dönemlerde ergonomi ve yapay zekâ alanındaki tematik ilişkiyi görselleştirmektedir. Şema, belirli temaların farklı dönemlerde nasıl geliştiğini ve birbirleriyle nasıl bağlantılı hale geldiğini ortaya koymaktadır. Bu görsel, alandaki kavramsal ve tematik değişimleri analiz etme açısından oldukça değerlidir.

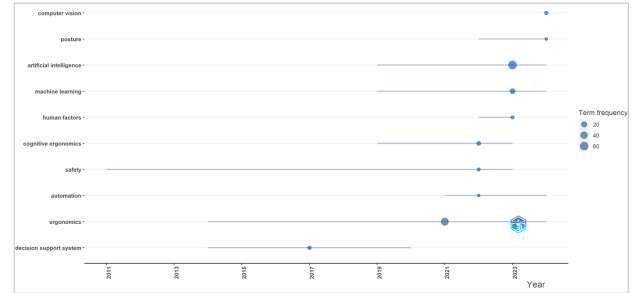
Erken dönem (1977-2004) temaları, daha çok genel "ergonomi" ve "yapay zekâ" odaklıdır. Bu dönemdeki araştırmalar temel kavramların tanımlanması ve ilk uygulamaların geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak 2005-2016 döneminde, "insan-bilgisayar etkileşimi" ve "yapay zekâ yöntemleri" gibi daha özellikli alt temaların ortaya çıktığı görülmektedir. Bu, disiplinin teknolojik ilerlemelerle birlikte daha dar ve uygulamaya yönelik alanlara kaydığını göstermektedir.

2017-2022 dönemi, "sağlık ve güvenlik" gibi uygulama odaklı konuların daha fazla ön plana çıktığı bir dönemdir. Aynı zamanda, "otomasyon" ve "karar destek sistemleri" gibi endüstriyel

uygulamalarla ilgili temaların yükselişe geçtiği dikkat çekmektedir. Bu, yapay zekâ teknolojilerinin ergonomi uygulamalarında daha fazla benimsenmeye başladığını göstermektedir.

2023-2023 döneminde, "öğrenme sistemleri", "algoritmalar" ve "robotik" gibi temaların güçlendiği gözlemlenmektedir. Bu temalar, yapay zekâ ve ergonominin giderek daha sofistike teknolojilerle bütünleştiğini ve bu iki alanın kesişim noktasında yenilikçi yaklaşımların ortaya çıktığını göstermektedir. Son olarak, 2024-2024 dönemi, "ergonomi", "yapay zekâ" ve "iş yerinde ergonomi" gibi ana temaların diğer alt konularla daha güçlü bağlantılar kurduğunu ve alandaki tematik çeşitliliğin arttığını göstermektedir.

Şekil genel olarak, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki tematik evrimi, başlangıçtaki temel konulardan giderek daha spesifik ve disiplinler arası bir yapıya doğru genişlediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, teknolojik ilerlemeler ve uygulamalardaki çeşitlilik, bu iki alanın birlikte büyümesini ve genişlemesini sağlamıştır. Bu tematik ilişki, alanın çok yönlü yapısının anlaşılması ve gelecekteki araştırma yönlerinin belirlenmesi açısından önemli bir kılavuz sunmaktadır.



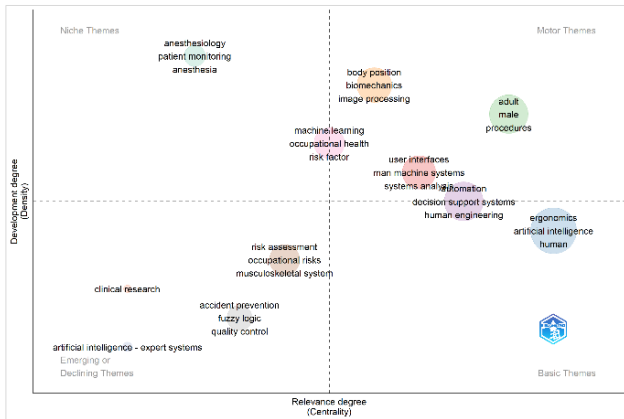
**Şekil 11. En Çok Bahsedilen Kavramların Dönemsel Dağılımları (Trend Topics)**

Şekil 11, ergonomi ve yapay zekâ alanında en sık bahsedilen kavramların yıllar içindeki dağılımını ve trendlerini göstermektedir. Şekil, bu iki disiplinin kesişiminde yer alan belirli anahtar konuların zaman içinde nasıl önem kazandığını ve akademik literatürdeki yerini nasıl geliştirdiğini anlamak için önemli bir görselleştirme sunmaktadır.

Grafik, "Ergonomics" teriminin 2015 yılı itibarıyla düzenli bir şekilde artış gösterdiğini ve alanın temel kavramlarından biri olarak öne çıktığını göstermektedir. Özellikle 2021 ve 2022 yıllarında bu terimin kullanımı zirve yapmıştır. Benzer şekilde, "Artificial Intelligence" ve "Machine Learning" gibi kavramlar 2017 yılından itibaren belirgin bir yükseliş göstermiş ve 2023 yılı itibarıyla bu terimler en çok bahsedilen konular arasında yer almıştır. Bu, yapay zekânın ergonomi çalışmalarındaki artan önemini ve teknolojinin araştırmalara entegrasyonunu vurgulamaktadır. "Human Factors" ve "Cognitive Ergonomics" gibi insan odaklı

terimlerin yıllar içinde daha istikrarlı bir şekilde varlık gösterdiği, ancak özellikle son dönemlerde bu konulara olan ilginin arttığı dikkat çekmektedir. Bu durum, ergonomi ve yapay zekâ araştırmalarında insan merkezli yaklaşımın güçlendiğini ve bilişsel süreçlerin önem kazandığını göstermektedir. "Safety" ve "Automation" gibi daha uygulama odaklı kavramlar ise 2020 yılından itibaren daha sık kullanılmaya başlanmış ve yapay zekâ teknolojilerinin güvenlik ve otomasyon süreçlerindeki etkisinin literatürde daha fazla yer bulduğunu işaret etmektedir. Aynı şekilde, "Decision Support Systems" gibi pratik çözümler sunan terimler, özellikle 2022 yılı sonrası öne çıkmıştır. "Computer Vision" ve "Posture" gibi daha spesifik teknolojik ve biyomekanik odaklı kavramların ise son yıllarda yükselişe geçtiği görülmektedir. Bu eğilim, yapay zekânın ergonomide daha niş alanlara uygulanmaya başladığını ve bu alanların gelecekte daha fazla önem kazanabileceğini göstermektedir.

Genel olarak, Şekil 11, ergonomi ve yapay zekâ alanında temel kavramların evrimini ve trendlerin nasıl geliştiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu, literatürdeki odak noktalarını ve gelecekte hangi temaların daha fazla araştırma potansiyeli taşıdığını anlamak için önemli ipuçları sunmaktadır.



**Şekil 12. KeyWords Plus Tematik Haritası**

Şekil 12, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki Keywords Plus temalarının tematik haritasını sunmaktadır. Harita, bu iki disiplinin anahtar kavramlarının "gelişim derecesi" (development degree) ve "önem derecesi" (relevance degree) açısından nasıl sınıflandırıldığını göstermektedir. Dört çeyrek üzerinden yapılan bu sınıflama, literatürdeki temaların genel konumlarını ve gelecekteki potansiyel eğilimlerini değerlendirme açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Buna göre;

Motor temalar, yüksek önem derecesi ve gelişmişlik seviyesine sahip anahtar kavramları içerir. Bu çeyrekte "body position", "biomechanics", "image processing", ve "adult" gibi temalar yer almaktadır. Bu temaların hem akademik hem de pratik araştırmalarda oldukça merkezi olduğu ve özellikle

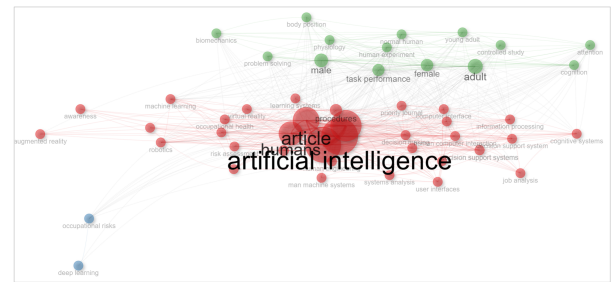
ergonomi ve yapay zekâ kesişiminde güçlü bir yer tuttuğu görülmektedir. Bu tür temalar, mevcut literatürde liderlik eden ve inovasyonun odak noktası haline gelen konuları temsil etmektedir.

Niş temalar, yüksek gelişmişlik düzeyine sahip ancak daha az merkezi öneme sahip olan konuları içerir. Bu çeyrekte "anesthesiology", "patient monitoring", ve "anesthesia" gibi konular bulunmaktadır. Bu temalar, ergonomi ve yapay zekanın daha spesifik uygulama alanlarını temsil etmektedir. Niş temaların, belirli alt alanlar için derinlemesine araştırma potansiyeli taşıdığı, ancak geniş bir literatür katkısı olmadığı anlaşılmaktadır.

Temel temalar, yüksek öneme sahip ancak düşük gelişmişlik düzeyine sahip olan konuları içerir. Bu çeyrekte "ergonomics", "artificial intelligence", ve "human" gibi konular öne çıkmaktadır. Bu temalar, literatürde sıkça tartışılan ve temel araştırma alanlarını temsil eden kavramlardır. Ancak, bu temaların gelişim potansiyelleri hala yüksektir ve daha fazla çalışma ile derinleştirilmeleri beklenmektedir.

Gelişmekte Olan veya Gerileyen Temalar (Alt Sol Çeyrek), düşük öneme ve düşük gelişmişlik seviyesine sahip temaları temsil eder. "artificial intelligence - expert systems", "fuzzy logic", ve "accident prevention" gibi temalar bu çeyrekte yer almaktadır. Bu temalar ya literatürdeki önemlerini kaybetmiş ya da henüz yeterince araştırılmamış alanlardır. Özellikle bu temalar, gelecekteki çalışmalar için bir yenilik potansiyeli barındırabilir.

Bu tematik harita, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki literatürün çok yönlü yapısını ortaya koymaktadır. Motor temaların mevcut liderliğine karşın, temel temaların henüz yeterince geliştirilmemiş olduğu, ancak bu alanlarda büyük bir potansiyel bulunduğu görülmektedir. Niş temalar ise spesifik alt alanlardaki derinlemesine araştırmalar için fırsat sunarken, gelişmekte olan temalar gelecekte yenilikçi çalışmalara kapı aralayabilir. Bu harita, alanın mevcut durumunu ve gelecekteki araştırma yönelimlerini anlamak için güçlü bir rehber sunmaktadır.



**Şekil 13. Birliktelik Ağı (Co-occurrence Network)**

Şekil 13, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki literatürün anahtar terimlerinin birlikte kullanılması

sıklığını (co-occurrence) ve bu terimlerin ağ içerisindeki merkeziliklerini analiz etmektedir. Ağ, her bir terimin ağdaki bağlanabilirlik düzeyini ("betweenness", "closeness") ve genel önemini ("PageRank") sayısal olarak yansıtmaktadır. Bu metrikler, belirli terimlerin literatürdeki yerini ve diğer kavramlarla ilişkilerini anlamak için önemli ipuçları sunmaktadır.

"Ergonomics", "artificial intelligence" ve "human" gibi terimler, en yüksek betweenness değerlerine sahip olup, literatürdeki diğer kavramlar arasında bir köprü görevi gördüğünü göstermektedir. Bu, bu terimlerin disiplinler arası bağlantıları sağlamada merkezi bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Aynı şekilde, "artificial intelligence" terimi en yüksek PageRank değerine sahip olup, literatürdeki genel önemi ve etkisi açısından birinci sırada yer almaktadır. Bu durum, yapay zekânın ergonomi alanındaki çalışmalarda temel bir bileşen haline geldiğini vurgulamaktadır.

"Automation", "risk assessment" ve "decision support systems" gibi uygulama odaklı kavramlar, ağda daha düşük betweenness ve closeness değerlerine sahip olmasına rağmen, spesifik alt alanlarda önemli roller üstlenmektedir. Bu durum, bu kavramların daha çok pratik uygulamalara odaklanan çalışmalarda kullanıldığını göstermektedir. Benzer şekilde, "cognitive systems" ve "human-computer interaction" gibi kavramlar, insan-makine ilişkilerinin önemine işaret etmekte ve bu alt alanların yapay zekâ ile ergonominin kesişimindeki önemli konular arasında olduğunu göstermektedir.

Demografik ve deney odaklı terimler olan "adult", "male", "female" ve "task performance" gibi kavramlar, daha düşük merkezilik değerlerine sahip olsalar da, "cluster 3" grubunda yer alarak insan odaklı ergonomi çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Bu kavramların insan sağlığı ve performansı üzerine yapılan deneysel çalışmalar için merkezi bir rol oynadığı söylenebilir.

Şekil, literatürdeki en önemli kavramların yalnızca sıklığını değil, aynı zamanda bu kavramların diğer terimlerle olan ilişkilerini de detaylandırmaktadır. Bu durum, ergonomi ve yapay zekâ literatüründe merkezi olan temaların belirlenmesini sağlamanın yanı sıra, daha az keşfedilmiş bağlantıların ve olası araştırma alanlarının tanımlanmasına da olanak tanımaktadır. Bu bulgular, disiplinler arası çalışmalarda kullanılan terimlerin bir ağ perspektifiyle analiz edilmesi sayesinde, literatürdeki araştırma yönelimlerinin ve boşluklarının daha iyi anlaşılmasına katkı sunmaktadır.

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışma, ergonomi ve yapay zekâ alanındaki akademik literatürü bibliyometrik yöntemlerle inceleyerek, bu iki disiplinin birleşiminde oluşan tematik yoğunlaşmaları, araştırma eğilimlerini ve bilimsel iş birliklerini kapsamlı bir şekilde analiz etmiştir. Ergonomi ve yapay zekânın kesişimi, insan merkezli teknolojik yeniliklerin geliştirilmesinde giderek daha önemli hale gelmektedir. Bibliyometrik analiz sonuçları, bu iki alanın entegre bir şekilde çalışıldığında akademik ve pratik katkılar sağlama potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Donthu et al., 2021).

Sonuçlara göre, 1977-2024 yılları arasında ergonomi ve yapay zekâ ile ilgili akademik yayınların sayısında düzenli bir artış gözlenmiştir. Özellikle 2010 yılı sonrasında yayın sayılarında hızlı bir artış kaydedilmiş ve yıllık büyüme oranı %8,63 olarak hesaplanmıştır. Bu artış, teknolojik yeniliklerin ve yapay zekânın ergonomi problemlerine çözüm bulmada artan kullanımını göstermektedir (Aria & Cuccurullo, 2017). Yayın başına düşen ortalama 21,18 atıf, bu iki alanın literatürde etkili bir şekilde yer bulduğunu ve akademik çevreler tarafından sıklıkla referans alındığını göstermektedir. Bunun yanı sıra, çalışmalarda yer alan yazar sayısının yüksekliği ve ortak çalışma oranlarının %3,67 olması, bu alandaki araştırmaların ekip çalışmasına dayalı bir yapıya sahip olduğunu vurgulamaktadır. Ancak uluslararası iş birliklerinin %19,85 ile sınırlı kalması, küresel düzeyde daha fazla ortak araştırmanın teşvik edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar kelime analizi sonuçları, literatürün geniş bir tematik çeşitliliğe sahip olduğunu ve bu iki disiplinin çok yönlü bir şekilde ele alındığını ortaya koymaktadır (Karagöz & Şeref, 2019). "Yapay zekâ", "ergonomi" ve "makine öğrenmesi" gibi anahtar terimlerin yüksek frekansla kullanımı, teknolojik çözümlerin ergonomik problemlerin çözümündeki önemini vurgulamaktadır. Bilişsel ergonomi, karar destek sistemleri ve görüntü işleme gibi konular, yapay zekânın ergonomi alanındaki uygulama boyutlarını öne çıkarmaktadır. Ayrıca, "insan faktörü" ve "risk değerlendirmesi" gibi terimler, ergonomi ve yapay zekânın insan merkezli tasarımlar ve güvenlik konularındaki katkılarını göstermektedir.

Uluslararası bilimsel iş birliği analizleri, ABD, Birleşik Krallık ve Çin gibi ülkelerin bu alandaki liderlik rolünü açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle ABD, hem ulusal düzeyde hem de uluslararası iş birliklerinde merkezi bir konumda yer alarak bu alanda akademik üretkenliğini artırmıştır. Avrupa ülkelerinin, özellikle Birleşik Krallık ve Almanya'nın disiplinler arası iş birliklerinde güçlü bir rol oynadığı, Çin'in ise son yıllarda yükselen bir

akademik güç olarak alandaki katkılarını artırdığı görülmektedir. Ancak Hindistan, Brezilya ve Kanada gibi ülkelerin daha sınırlı iş birliklerine sahip olması, bu bölgelerdeki akademik potansiyelin henüz tam anlamıyla kullanılmadığını düşündürmektedir.

Tematik analiz, ergonomi ve yapay zekânın kesişimindeki araştırmaların zamanla nasıl geliştiğini ve evrildiğini detaylandırmıştır. Erken dönemlerde genel kavramların baskın olduğu görülürken, son yıllarda "otomasyon", "algoritmalar", "bilişsel ergonomi" ve "karar destek sistemleri" gibi daha spesifik konuların öne çıktığı belirlenmiştir. Bu durum, disiplinin uygulama boyutuna yönelik artan ilgiyi göstermektedir. Ayrıca, 2020 sonrası dönemde insan-makine etkileşimleri, güvenlik ve sağlık uygulamalarına yönelik araştırmaların arttığı gözlenmiştir. Özellikle "postür analizi", "görüntü işleme" ve "bilişsel ergonomi" gibi konuların son yıllarda yükselişe geçmesi, bu iki disiplinin teknolojik gelişmelere nasıl uyum sağladığını göstermektedir.

Birliktelik ağı analizi, ergonomi ve yapay zekânın temel kavramlarının, özellikle "insan", "yapay zekâ", "ergonomi" ve "makine öğrenmesi" gibi terimlerin disiplinler arası bağlantılar sağlamada önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, literatürde daha az merkezi bir yere sahip ancak potansiyel barındıran "bulanık mantık", "risk yönetimi" ve "deneysel tasarım" gibi konular, gelecekte daha fazla araştırma yapılması gereken alanlar olarak dikkat çekmektedir.

Ergonomi ve AI, iş yeri tasarımı iyileştirme ve kas-iskelet sistemi bozukluklarını azaltma potansiyeline sahip olsa da, bunların entegrasyonu bazı önemli sınırlamalar ve zorluklarla karşı karşıyadır. Yüksek maliyetler, altyapı eksikliği ve kültürel direnç, AI tabanlı ergonomik çözümlerin benimsenmesini zorlaştırmaktadır (Das, 2024). Dahası, AI'nın iş yerinde kullanımı, veri gizliliği, sorumluluk ve etik karar alma süreçleri gibi yasal ve etik endişeleri gündeme getirmektedir (Puertas & Galhardi, 2024). Kullanıcı dostu ara yüzlerin ve disiplinler arası iş birliğinin geliştirilmesi, AI'nın ergonomik sistemlere entegrasyonunu daha da karmaşık hale getirmektedir (Pavel, Alexander ve Olga, 2024; Leão, Silva ve Costa, 2024). Buna rağmen, AI'nın ergonomik uygulamaları dönüştürme potansiyeli büyüktür. Ancak, bu dönüşüm iş süreçlerini karmaşıktırmadan, bunun yerine insan-makine etkileşimini optimize ederek gerçekleşmelidir. Çalışanların güvenliğini ve refahını artırmak için etik, insan merkezli ve ergonomik tasarım ilkelerini izleyen AI sistemlerinin geliştirilmesi önemlidir. Bu nedenle, AI'nın işyeri ergonomisini iyileştirme potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için mevcut sınırlamaları yönetmek çok önemlidir.

Sonuç olarak, bu çalışma, ergonomi ve yapay zekânın disiplinler arası yapısını ve bu iki alanın bir araya gelerek nasıl yeni araştırma yönelimleri sunduğunu göstermektedir. Gelecekteki çalışmalarda, uluslararası iş birliklerinin artırılması, spesifik alt temalara yönelik araştırmaların teşvik edilmesi ve teorik katkılarının pratik uygulamalara dönüştürülmesi, bu alanın daha da gelişmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, teknolojik yeniliklerin insan faktörleri üzerindeki etkisinin derinlemesine incelenmesi ve bu iki disiplinin ortak sorunlara çözüm geliştirme potansiyelinin daha fazla araştırılması önerilmektedir.

*Bu çalışmada, kamuya açık veri kaynaklarından anonim olarak elde edilen veriler kullanıldığından, kişisel verilere dayalı bir işlem yapılmadığından Etik Kurul İzni alınmasına gerek görülmemiştir.*

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir

### Kaynaklar

- Al, U., & Tonta, Y. (2004). Atıf Analizi: Hacettepe Üniversitesi Kütüphanecilik Bölümü tezlerinde atıf yapılan kaynaklar. *Bilgi Dünyası*, 5(1), 19-47. doi: <https://doi.org/10.15612/BD.2004.497>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-Tool For Comprehensive Science Mapping Analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Aslanci, S. (2022). Araştırma Sorgulamaya Dayalı Öğrenme: Bibliyometrik Bir Analiz. *Scientific Educational Studies*, 1-25. doi: <https://doi.org/10.31798/ses.1068633>
- Ayan, B., Taşçı, S., & Köksal, E. B. (2024). İş Sağlığı ve Güvenliği Alanında Kullanılan Yapay Zeka Teknolojilerine İlişkin İnceleme. *Çalışma İlişkileri Dergisi*, 15, 2-20. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3984369> Erişim Tarihi: 30.01.2025
- Bayrak, A., & Aslanci, S. (2022). Realistic Mathematics Education: A Bibliometric Analysis. *Shanlax International Journal of Education*, 10(4), 52-62. doi: <https://doi.org/10.34293/education.v10i4.5174>
- Bednárová-Gibová, K. (2020). Organizational Ergonomics of Translation As A Powerful Predictor of Translators' Happiness At Work? *Perspectives, Studies in Translation Theory and Practice*, 3(29), 391-406. doi: <https://doi.org/10.1080/0907676X.2020.1753788>
- Das, S. (2024). Challenges and Opportunities in Navigating the Intersection of AI and Ergonomics in the Indian Market. *Ergonomics International*



- Journal*, 1-9. doi: <https://doi.org/10.23880/eoij-16000331>
- Donisi, L., Cesarelli, G., Pisani, N., Ponsiglione, A. M., Ricciardi, C., & Capodaglio, E. (2022). Wearable Sensors and Artificial Intelligence for Physical Ergonomics: A Systematic Review of Literature. *Diagnostics*, 12(12), 2-21. doi: <https://doi.org/10.3390/diagnostics12123048>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to Conduct A Bibliometric Analysis: An Overview And Guidelines. *Journal of Business Research*, (133), 285-296. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Enebechi, C. N., & Duffy, V. G. (2020). Virtual Reality and Artificial Intelligence in Mobile Computing and Applied Ergonomics: A Bibliometric and Content Analysis. *Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Human Communication, Organization and Work* (s. 334-345). Copenhagen, Denmark: Springer, Cham. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-49907-5\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-49907-5_24).
- Grote, G. (2023). Shaping the development and use of Artificial Intelligence: How Humanfactors and Ergonomics Expertise Can Become More Pertinent. *Ergonomics*, 1702-1710. doi: <https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2278408>
- IEA. (2024, Kasım 9). What Is Ergonomics (HFE)? 2024 tarihinde <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/> Erişim Tarihi: 30.01.2025
- Jiang, Y., Li, X., Hao Luo, S. Y., & Kaynak, O. (2022). Quo Vadis Artificial Intelligence? *Discover Artificial Intelligence*, 2(4). doi: <https://doi.org/10.1007/s44163-022-00022-8>
- Karagöz, B., & Şeref, İ. (2019). Yunus Emre İle İlgili Araştırmaların Bibliyometrik Analizi. *Akdeniz Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 13(27), 123-141. doi: <https://doi.org/10.29329/mjer.2019.185.6>
- Kourtesis, P. (2024). A Comprehensive Review of Multimodal XR Applications, Risks, and Ethical Challenges in the Metaverse. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(11). doi: <https://doi.org/10.3390/mti8110098>
- Leão, C. P., Silva, V., & Costa, S. (2024). Exploring the Intersection of Ergonomics, Design Thinking, and AI/ML in Design Innovation. *Applied System Innovation*, 7(65), 2-18. doi: <https://doi.org/10.3390/asi7040065>
- Minh, D., Wang, H. X., Li, Y. F., & Nguyen, T. N. (2022). Explainable Artificial Intelligence: A Comprehensive Review. *Artificial Intelligence Review*, 3503-3568. doi: <https://doi.org/10.1007/s10462-021-10088-y>
- Neyigapula, B. S. (2023, August 22). Human-AI Collaborative Decision-making: A Cognitive Ergonomics Approach. *Research Square*, 1-14. doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3258718/v1>
- Pavel, P., Alexander, N., & Olga, S. (2024). Ergonomic Problems of Creating Information Systems that Include Elements of Artificial Intelligence. *Ergodesign*, 357-365. doi: <https://doi.org/10.30987/2658-4026-2024-3-357-365>
- Petrat, D. (2021). Artificial Intelligence in Human Factors and Ergonomics: An Overview of The Current State of Research. *Discover Artificial Intelligence*, 1(3), 1-10. doi: <https://doi.org/10.1007/s44163-021-00001-5>
- Puertas, C. A., & Galhardi, A. C. (2024). Integrating Ergonomic and Artificial Intelligence in the Automotive. SAE Brasil 2023 Congress. English: SAE International. doi: <https://doi.org/10.4271/2023-36-0042>.
- Ramirez, N., Derton, A., & Bitterman, D. S. (2023). Artificial Intelligence. *Translational Radiation Oncology, Handbook for Designing and Conducting Clinical and Translational Research* 91-97. Academic Press doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88423-5.00094-7>
- Rostami, M., Soltani, R., & Anooshe, V. (2023). Bridging Artificial Intelligence and Cognitive Ergonomics: A Call For Synergy. doi: <https://doi.org/10.18502/tkj.v15i4.14581>
- Souto, T. A., Peixoto, L. d., Costa, L. G., & Elleres, P. A. (2023). Artificial Intelligence in The Combination of Technology With Ergonomics for Estimation Of Correct Posture Based on Python. *International Journal of Advanced Research*, 11(10), 183-190. doi: <https://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/17694>
- Thomson, C. G., Figueras, J. H., & Grawe, B. M. (2023). Artificial intelligence. *Translational Sports Medicine* 87-92. Academic Press doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91259-4.00036-9>
- Wu, S., Hou, L., Chen, H., Zhang, G. (., Zou, Y., & Tushar, Q. (2023). Cognitive Ergonomics-Based Augmented Reality application for construction performance. *Automation in Construction* (149). doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104802>