

Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper



Arduino Teknolojisinin İklim Değişikliğiyle Mücadeledeki Rolü Üzerine Bibliyometrik Bir Analiz

A Bibliometric Analysis on the Role of Arduino Technology in Combating Climate Change

Fatma ERTÜRK, Yüksek Lisans Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, ferturk75yil@gmail.com, 0009-0001-9973-1799

Ali Ekber GÜLERSOY, Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, gulersoy74@gmail.com, 0000-0003-0338-1366

Suat TÜRKOĞUZ, Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, suat.turkoguz@gmail.com, 0000-0002-7850-2305

Geliş tarihi - *Received:* 5 Mart 2025
Kabul tarihi - *Accepted*: 4 Haziran 2025
Yayın tarihi - *Published*: 13 Haziran 2025

Ertürk, F., Gülersoy, A. E. ve Türkoğuz, S. (2025). Arduino teknolojisinin iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolü üzerine bibliyometrik bir analiz, *1*(2), 54-75.



Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper



Öz. Bu çalışma insan kaynaklı iklim değişikliğine karşı, özellikle Arduino gibi düşük maliyetli ve erişilebilir teknolojilerin yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegrasyonunu inceleyerek çevresel sürdürülebilirliğe ve iklim değişikliğiyle mücadeledeki potansiyeline dair literatürdeki mevcut boşlukları belirlemek amacıyla yazılmıştır. Bu araştırmada, iklim değişikliği ve Arduino kullanımı üzerine yayımlanmış makalelerin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yalnızca Web of Science veri tabanında "Arduino" ve "İklim değişikliği" anahtar kelimeleriyle yapılan tarama sonucunda ulaşılan 30 makale incelenmiştir. Makaleler, Mendeley referans yönetim programına aktarılmış ve detaylı olarak sınıflandırılmıştır. Amaçlı örnekleme yöntemi kullanılarak seçilen makaleler, 4N1K yaklaşımıyla tablo haline getirilmiştir. Söz konusu makalelerin RStudio yazılımı kullanılarak bibliyometrik analizleri yapılmıştır. Analizler sırasında makalelerin yıllara, alıntılanma oranlarına, ülkelerine, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle ilişkilerine ve yazar iş birliği ağlarına dair veriler görselleştirilmiş ve yorumlanmıştır. Söz konusu makalelerde toplam 158 farklı anahtar kelime kullanıldığı görülmüştür. Yayımlanan 30 makalenin 23 tanesinin son dört yıla aittir. Bu oran, Arduino'nun iklim değişikliği konusundaki araştırmalarda kullanımının son yıllarda artma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Yapılan analizlerde, literatüre katkıda bulunan 137 farklı yazar olduğu gözlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: "bibliyometrik analiz", "arduino", "iklim değişimi".

Abstract. The aim of this study is to identify the existing gaps in the literature regarding the potential of low-cost and accessible technologies, such as Arduino, in the integration with renewable energy sources for environmental sustainability and combating climate change. In this research, a bibliometric analysis of published articles on climate change and Arduino usage was conducted. The study analyzed 30 articles retrieved from the Web of Science database using the keywords "Arduino" and "Climate change." The articles were transferred to the Mendeley reference management program and classified in detail. Using purposive sampling, the selected articles were tabulated following the 4W1H approach. Bibliometric analysis of these articles was performed using RStudio software. During the analysis, data on the articles' publication years, citation rates, countries, their relation to sustainable development goals, and author collaboration networks were visualized and interpreted. It was found that a total of 158 different keywords were used in the selected articles. Out of the 30 published articles, 23 were from the last four years, indicating a growing trend in the use of Arduino in climate change research. The analysis also revealed that 137 different authors contributed to the literature.
Keywords: "bibliometric analysis", "arduino", "climate change".



Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper



Extended Abstract

Introduction. Since the beginning of human history, the Earth's climate, atmospheric composition, ocean currents, volcanic activities, and astronomical factors have constantly changed. However, in the last century, with the rapidly growing population and related issues, climate change has reached a different dimension, and observing and interpreting natural processes has become challenging. Climate change has become a complex and unpredictable process. The aim of this study is to examine the potential of Arduino, a low-cost and accessible technology, in combating human-induced climate change, by proposing its integration with renewable energy sources and identifying the gaps in the existing literature. In this way, the goal is to make the natural processes of the Earth observable again.

Method. In this research, a bibliometric analysis was conducted on published papers regarding climate change and Arduino usage. A total of 30 articles were reviewed, found by searching the Web of Science database using the keywords "Arduino" and "Climate Change". All the papers used in this study were obtained from the open-access academic database “Web of Science” and were evaluated according to open-access permissions to avoid copyright violations. Any papers that could not be accessed were excluded from the analysis. The papers were imported into the Mendeley reference management program and classified in detail. The selected papers, chosen through purposive sampling, were tabulated using the 4W1H approach. Bibliometric analyses of the papers were conducted using RStudio software. The distribution of papers by year, the annual average citation rate, the distribution of papers by country, the distribution of papers in line with the Sustainable Development Goals, the word cloud and word tree analysis, and the collaboration network among authors were discussed in detail.

Results. Between 2007 and 2024, 30 papers were published from 29 different academic sources, showing an annual growth rate of 12.13%. The average number of authors per paper was 4.63, with a total of 137 authors contributing to the studies. Approximately 30% of the papers were prepared in international collaboration. A total of 158 different keywords were used across the papers, and 1517 references were cited. The annual average citation rate for these papers was 6.6. Notably, 23 out of the 30 papers were published in the last four years, which indicates a recent increase in the use of Arduino in climate change research. These studies demonstrate that Arduino has emerged as a tool in the fight against climate change, accelerating environmental monitoring processes and contributing to sustainable solutions. A significant portion of these studies aligns with the "Sustainable Development Goals," particularly the "Climate Action" goal.

Discussion and Conclusion. While the full potential of Arduino in combating climate change remains largely unexplored, several gaps in the literature can be attributed to the lack of interdisciplinary collaboration and the limited prevalence of multidisciplinary programs. Arduino technology has substantial potential in climate change research, particularly in environmental monitoring and providing sustainable solutions. Arduino could also be utilized by students in climate change projects, and it may play an important role in environmental monitoring in academic studies, especially in polar regions where climate change impacts are most severe. Looking ahead, Arduino-based solutions could find applications in agriculture, energy monitoring, and water management,

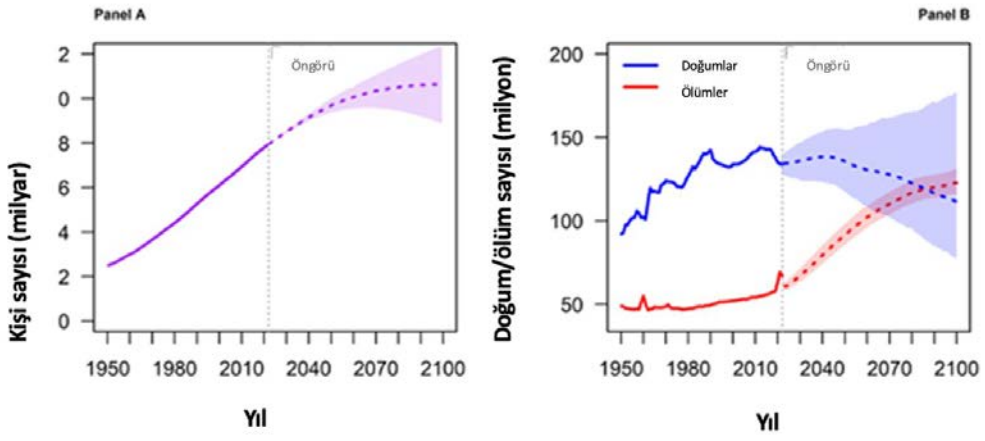
particularly in developing regions and areas most affected by climate change. This study highlights the importance of integrating Arduino-like systems with renewable energy sources and advocates for the growth of projects in the educational field. Increasing educational projects will help cultivate future generations capable of addressing climate change. Moving forward, enhancing research quality, fostering interdisciplinary collaboration, and focusing on larger-scale studies aligned with sustainable development goals are essential for the further advancement of Arduino-based solutions in combating climate change.

Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper

Giriş

Yaklaşık 300.000 yıldır var olan insan (*Homo sapiens sapiens*) neslinden çok daha yaşlı olan Dünya'nın oluşumundan günümüze kadar geçen sürede atmosfer bileşiminin, okyanus akıntılarının, volkanik aktivitelerin ve astronomik faktörlerin etkisinin bir sonucu olarak gezegenimizde iklimsel değişimler yaşanmıştır. Bu değişikliklerin birkaç nedeni vardır: Eksen eğikliği, güneş lekeleri, volkanik aktiviteler, levha hareketleri ve Milankoviç döngüleri (Yiğitbaşıoğlu, 2016). Bu doğal iklim değişimlerinin ardından, insanların doğal döngülerle etkileşime girmesiyle gezegenimizin iklimi hızla değişmeye başlamıştır.

İnsan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkileri giderek artarken, Dünya'nın doğal iklim değişiklikleri de milyonlarca yıl süren uzun zaman ölçeklerinde devam etmektedir. Ancak hızla büyüyen nüfus ve artan kaynak talepleri, günümüzde çevresel sorunların daha da derinleşmesine yol açmaktadır. Bu durum, insan kaynaklı değişimlerin, doğal iklim değişikliklerini gölgede bıraktığı Şekil 1'de yer alan değişimlerden anlaşılmaktadır. Özellikle, doğal süreçlerin mi yoksa insan etkilerinin mi belirleyici olduğu ve bu etkileşimin gelecekteki ekosistemler, hava olayları ve yaşam koşulları üzerindeki sonuçları bilim dünyasında merak konusu olmaya devam etmektedir. İnsan kaynaklı iklim değişimini yenilenebilir enerji kaynakları ve teknolojiyi kullanarak kontrol altına almak, yalnızca sera gazı salınımlarını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda Dünya'nın doğal süreçlerine ve doğal iklim değişimine uyum sağlamayı da mümkün kılar. Böylelikle insan kaynaklı iklim değişimine çözüm tasarlama süreci devam ederken bir yandan da doğal iklim değişimi süreci desteklenir.



Şekil 1. Küresel nüfus büyüklüğü ve toplam doğum ile ölüm sayısı, tahminler (1950–2022) ve %95 tahmin aralığına sahip orta senaryo (2022–2100).

Kaynak: Birleşmiş Milletler, Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı, Nüfus Bölümü (2022, s. 27)



Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper



İklim değişikliği ile mücadeleyi güçlendirmek için hem iklim değişikliğinin etkilerini azaltma (iklim değişikliği savaşımı) hem de bu etkilerle uyum sağlama stratejileri gereklidir (Türkeş, 2021a; 2022). Teknolojik yenilikler, bu iki strateji arasında köprü kuran önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Özellikle düşük maliyetli ve erişilebilir teknolojiler, örneğin Arduino platformu, çevresel izleme, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji çözümleri gibi alanlarda kullanılabilir. Bu tür teknolojiler, iklim değişikliğinin etkilerini tespit etme ve çözüm üretme süreçlerinde kritik bir rol oynayabilir. Arduino gibi teknolojiler, iklim değişikliği ile mücadelede destek sağlayarak, çevresel krizlere karşı daha hızlı ve etkili müdahaleler sağlanmasına yardımcı olabilir. Böylece, teknolojiyi hem önleme hem de çözüm aracı olarak kullanarak, iklim değişikliğiyle mücadelede daha sürdürülebilir ve etkin yaklaşımlar geliştirmek mümkün olabilir. Arduino, düşük maliyetli, açık kaynaklı bir mikrodenetleyici platformudur. Elektronik projeler geliştirmek için kullanılan bu araç hem donanım hem de yazılım bileşenlerinden oluşur. Arduino, kullanıcıların sensörler, motorlar, ışıklar gibi bileşenlerle kolayca etkileşim kurmasına olanak tanır ("Beginner's Guide to Use Arduino Kit," 2021). Programlanabilir yapısı sayesinde, çevresel izleme, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji çözümleri ve akıllı sistemler gibi birçok alanda kullanılabilir. IPCC'nin (2022) Altıncı Değerlendirme Raporu'na göre birçok çalışma, iklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma zorluklarının çözümünde teknoloji inovasyonu ve uygulamasına güvenmenin sınırlarını vurgulamıştır. Bu bağlamda, Arduino gibi düşük maliyetli ve erişilebilir teknolojik araçlar, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre bir şekilde kullanıldığında, çevresel sürdürülebilirliği destekleyerek iklim değişikliğiyle ilgili sorunları tespit etmeye ve krizlere çözüm sunmaya yardımcı olabilir. Ancak bu alandaki teknolojilerin özellikle düşük maliyetli Arduino gibi araçların potansiyelini ve etkisini daha iyi anlamak için yapılan çalışmalar sınırlıdır. Arduino gibi düşük maliyetli araçların iklim değişikliğiyle mücadeledeki kapsamlı etkilerine dair yapılan çalışmalarda önemli bir boşluk mevcuttur ve bu durum Web of Science gibi büyük bir veri tabanında yalnızca 30 makale ile sınırlı kalmaktadır, bu da konunun ne denli az çalışıldığını göstermektedir. Arduino teknolojisi, düşük maliyeti, esnekliği ve geniş bir uygulama alanı sunması sayesinde iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol üstlenebilir. Maker Hareketi (Dougherty, 2012) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi yaklaşımlar, bireylerin Arduino tabanlı sistemler geliştirerek çevresel parametreleri (örneğin, toprak nemi, sıcaklık, bağıl nem, UV ışını ve hava kalitesi) ölçmesine ve izlemesine olanak tanımaktadır. Bu araçlar kullanılarak yapılacak etkili çalışmalar uygun maliyetli (Rafalow, 2016) bir alternatif oluşturduğu için ticarileşme potansiyeli oluşturmaktadır.

Arduino teknolojisi, düşük maliyeti, esnekliği ve geniş bir uygulama alanı sunması sayesinde iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol üstlenmektedir (Abdullahi, Jimale, Ahmed, & Nageeye, 2024; Kang & Gil, 2023). Toprak nemi, sıcaklık vb. çevresel parametrelerin ölçülmesinde kullanılan arduino tabanlı sensörler, ticari sistemlere uygun maliyetli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Masseroni, Facchi, Depoli, Renga, & Gandolfi, 2016). Bu teknoloji, IoT tabanlı veri toplama platformları ve REST API gibi entegrasyon araçlarıyla birleştirilerek gerçek zamanlı veri izleme ve analiz imkânı sağlamaktadır (Lee, Jo, & Kim, 2015). Ayrıca, güneş enerjisi sistemlerinden veri toplama (Abedi, Moradi, & Shirmohammadi, 2023) ve seralarda sürdürülebilir enerji çözümleri için kullanılmaktadır (Amin, Wang, Guoxiang, Shi, Ndumiaassan, & Okasha, 2024).



Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper



İklim değişikliği ile mücadelede Arduino kullanımı olarak spesifik bir konu olduğundan literatür teknolojik çözümler ve iklim değişimi kelimeleri kullanılarak taranmıştır. Literatürde bu bağlamda iklim değişimi ve karbon yakalama teknolojileri (Omoregbe, Mustafa, Steinberger-Wilckens, El-Kharouf & Onyeaka, 2020), yeşil teknoloji araştırma eğilimlerinin ve küresel etkileri (Judijanto, Suhara & Mayasari, 2024), karbon emisyonları, iklim değişikliği, karbon ayak izi, karbon vergisi ve yeşil teknoloji yayılımı eğilimleri (Fan, Liu & Xia, 2022) gibi bibliyometrik analizler bulunmaktadır. Fakat iklim değişimi ve Arduino teknolojisini birleştiren disiplinler arası spesifik bir konuyu ele alan herhangi bir bibliyometrik analize ulaşılamamıştır. Bu nedenle, yapılacak bibliyometrik analizler, hem bu alandaki mevcut literatürün haritasını çıkarmak hem de literatürdeki boşlukları belirlemek, araştırmacıların bu alana katkı sunması açısından büyük bir önem arz etmektedir. Aynı zamanda Arduino teknolojilerinin iklim değişimi ile mücadelede farkındalık oluşturarak yapılacak proje ve çalışmaların artmasını sağlamaktır. Bu çalışmaların artması ve ticarileşmesi de iklim değişimi ile mücadele açısından önemli bir adım olabilir.

Bu çalışmanın amacı, Arduino'nun iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolünü inceleyen akademik literatürü bibliyometrik yöntemlerle analiz ederek, konuya ilişkin araştırma eğilimlerini, iş birliklerini ve odak alanlarını belirlemektir. Bu amaç kapsamında Arduino ve iklim değişimi üzerine yapılan çalışmaların genel özelliklerini anlamak amacıyla bu araştırmada aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

1. Arduino ve iklim değişimi üzerine yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı nasıldır?
2. Arduino ve iklim değişimi üzerine yapılan çalışmaların yıllık ortalama alıntılanma oranı nasıldır?
3. Arduino ve iklim değişimi üzerine yapılan çalışmaların ülkelere göre dağılımı nasıldır?
4. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda Arduino ve iklim değişimi üzerine yapılan çalışmaların dağılımı nasıldır?
5. Arduino ve iklim değişimi üzerine yapılan çalışmaların kelime bulutu ve kelime ağacı analizi nasıldır?
6. Arduino ve iklim değişimi üzerine yapılan çalışmalarda yer alan yazarların iş birliği ağı nasıldır?

Materyal ve Metod

Çalışmada, iklim değişimi ve Arduino kullanımı üzerine yayınlanmış makalelerin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Bibliyometri, ilgili konu alanındaki her türlü verilerin grafik ve tablolara dökülmesini sağlayarak, bu verilerin sayısal okumalarının ve analizlerinin yapılmasını kolay hâle getirmektedir (Aslancı, 2022, s. 4). Bibliyometrik analiz, bilimsel alanlardaki araştırma eğilimlerinin sayısal verilerle incelenmesine dayanır. Konu hakkında araştırma yapmak isteyen araştırmacılara yol gösterir.

Arduino teknolojisinin iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolü üzerine yapılan bu bibliyometrik analizde yalnızca makaleler değerlendirilmiş, diğer yayın türleri dışarıda bırakılmıştır. Bu tercihin



Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper



sebebi, konu hakkında makale dışında sadece bir kitap bölümü yer almasıdır. İlgili kitap bölümü de 30 makalenin içinde yer almaktadır.

Araştırmanın evrenini, iklim değişimi ve Arduino ile ilgili yayınlanmış tüm bilimsel makaleler oluşturmaktadır. Örneklem, 5 Kasım 2024 tarihinde Web of Science veri tabanında aşağıdaki linkte https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/5c0d09ae-07d9-4db2-856a-f1cdbff1313c-011fae473a/relevance/1 yapılan tarama sonucunda belirlenmiştir. Arduino teknolojisinin iklim değişikliğiyle mücadeledeki özgün rolünü derinlemesine analiz edebilmek adına Web of Science veri tabanı tercih edilmiş, bu kapsamda elde edilen sınırlı örneklem araştırma amacına ulaşmak için yeterli görülmüştür. Tarama sürecinde "Arduino" anahtar kelimesi tüm makalelerde aranmış ve bu makaleler, yalnızca özet kısımlarında "iklim değişimi" ifadesinin geçtiği yayınlarla sınırlandırılmıştır. Bu süreç sonucunda, toplam 31 makaleye ulaşılmış ancak bir makalenin tam metnine erişilemediği için analiz dışı bırakılmıştır. Böylece örneklem büyüklüğü 30 makale olarak belirlenmiştir. Elde edilen makaleler, Mendeley referans yönetim programına aktarılmıştır. Program üzerinden her makale detaylı bir şekilde incelenmiş, notlar alınmış ve sınıflandırılmıştır. Ayrıca, incelenen makalelerden orijinal dili Türkçe olanlar İngilizceye çevrilmiş ve bu sayede uluslararası alanyazınla karşılaştırılabilir hale getirilmiştir. Çevrilen makaleler, tutarlılık açısından kontrol edilerek analiz sürecine dâhil edilmiştir.

Örneklem seçiminde amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, yalnızca belirli kriterlere (örneğin, Arduino ve iklim değişimi konularını içeren makaleler) uygun çalışmaların seçilmesini sağlamaktadır. Amaçlı örneklemenin mantığı ve gücü, derinlemesine incelenmek üzere bilgi açısından zengin vakaların seçilmesinde yatar. Bilgi açısından zengin vakalar, sorgulamanın amacına merkezi öneme sahip konular hakkında çok şey öğrenilebilecek vakalardır (Patton, 2001, s. 230). Makaleler, 4N1K (Ne, Ne Zaman, Nerede, Nasıl, Kim) yöntemiyle tablo oluşturularak listelenmiştir.

Analiz sürecinde, makalelerin yaygın temalarını ve eğilimlerini belirlemek amacıyla RStudio yazılımı kullanılmıştır. Bu aracın kullanılmasının nedeni, WoS veri tabanı ile uyumlu bir yazılım olmasıdır. R ortamı, bibliyometrik analizler için kendi içinde kullandığı birçok paketi vardır. Aynı zamanda RStudio yazılımı etkili istatiksel algoritmaları, güvenilir işlem rutinleri, kolay erişim ve veri görselleştirme açısından da avantajlıdır (Aria & Cuccurullo, 2017). Bu yazılımla analiz sonuçları görselleştirilerek, araştırma alanındaki eğilimler, boşluklar ve öne çıkan konular ortaya konmuştur.

Çalışmada kullanılan tüm makaleler, açık erişimli akademik veri tabanı olan “Web of Science” üzerinden temin edilmiştir ve telif hakkı ihlallerine yol açılmaması adına yalnızca açık erişim izinleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Erişilemeyen bir makale analiz dışında bırakılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu makalelerin amaçlarına yönelik genel bir değerlendirme yapmak mümkündür. Nitekim ilgili makalelerde daha çok sulama ve su yönetimi, çevresel izleme ve veri toplama, yenilenebilir enerji ve iklim değişikliği, IoT ve akıllı sistemler, tarım ve gıda güvenliği, ekosistem ve iklim değerlendirmesi, atık yönetimi ve döngüsel ekonomi, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri, biyoenerji ve enerji üretimi ile sıcaklık ve su düzeyinin ekosistemlere etkisi gibi alanlara yönelik amaçlar belirlenmiştir. Bu

çalışmalar, düşük maliyetli ve yenilikçi teknolojilerle çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamayı hedeflemektedir.



Şekil 2. R STUDİO programı verilerine göre 2007-2024 yılları arasında Arduino teknolojisinin iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolüne odaklanan akademik yayınların bibliyometrik analizi

Yukarıdaki şekilde R STUDİO programından alınan verilere göre 2007-2024 yılları arasında Arduino teknolojisinin iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolüne odaklanan akademik yayınların bibliyometrik analizini içermektedir (Şekil 2). Analiz, bu alandaki bilimsel çalışmaların yaygınlığını, büyüme hızını ve uluslararası iş birliği düzeyini ortaya koymaktadır.

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular şu şekildedir:

Yayın Dönemi: İncelenen tüm çalışmalar 2007-2024 yılları arasında yayımlanmıştır.

Kaynak Çeşitliliği: Makaleler, toplamda 29 tane farklı akademik kaynakta yayımlanmıştır.

Toplam Yayın Sayısı: iklim değişikliğiyle mücadelede de Arduino teknolojisini kullanan toplam 30 makale literatüre kazandırılmıştır.

Yıllık Büyüme Oranı: Çalışmaların yıllık büyüme oranı %12,13 olarak hesaplanmıştır, bu da bu konu da giderek artan bir ilgi olduğunu göstermektedir.

Yazar Katkısı: 137 farklı yazar bu alana bilimsel katkı sağlamıştır.

Tek Yazarlı Çalışmalar: 2 makale tek yazarlı olarak yayımlanmıştır.

Uluslararası İş Birlikleri: Makalelerin %30'u uluslararası ortak yazarlıkla hazırlanmıştır, bu da bu oranda küresel bir ilgi olduğunu göstermektedir.

Yazar Sayısı Ortalaması: Her bir makale için ortalama 4,63 yazar katkıda bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Toplam 30 makalede 158 farklı anahtar sözcük belirlenmiş, bu da araştırmaların çeşitliliğini göstermektedir.

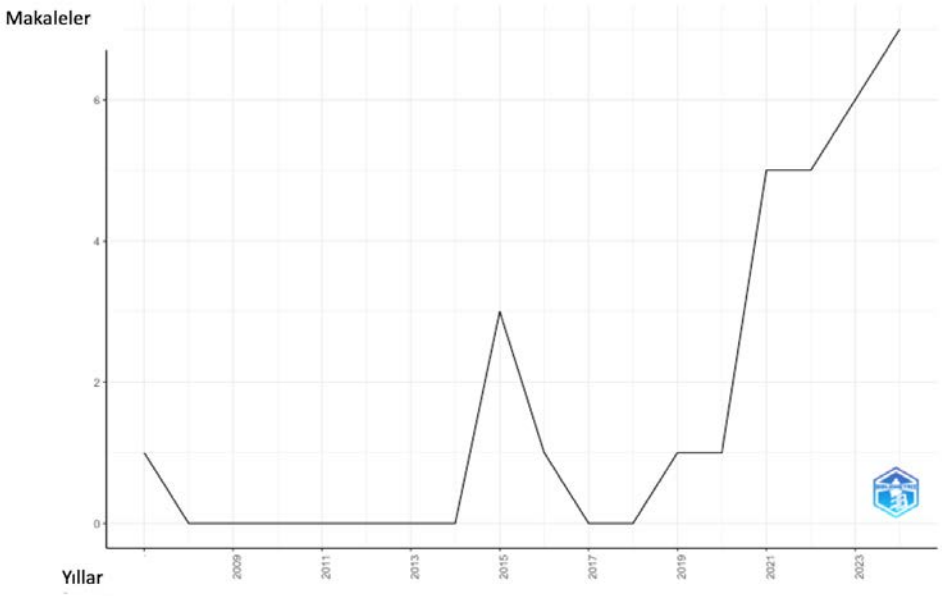
Referans Sayısı: Makalelerde toplamda 1517 referansa atıfta bulunulmuştur.

Belge Yaşı Ortalaması: İncelenen makalelerin ortalama yaşı 3,07'dir.
Yıllık Alıntılanma Oranı: Çalışmaların yıllık ortalama alıntılanma oranı 6,6 olarak hesaplanmıştır.

1. Makalelerin yıllara göre dağılımı

Tablo 1.
Makalelerin yıllara göre dağılımı

Yayın Yılı	Kayıt Sayısı	% (30 üzerinden)
2024	7	23,333%
2023	6	20,000%
2022	5	16,667%
2021	5	16,667%
2020	1	3,333%
2019	1	3,333%
2016	1	3,333%
2015	3	10,000%
2007	1	3,333%
TOPLAM	30	100%



Şekil 3. Makalelerin yıllara göre dağılım grafiği



Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper



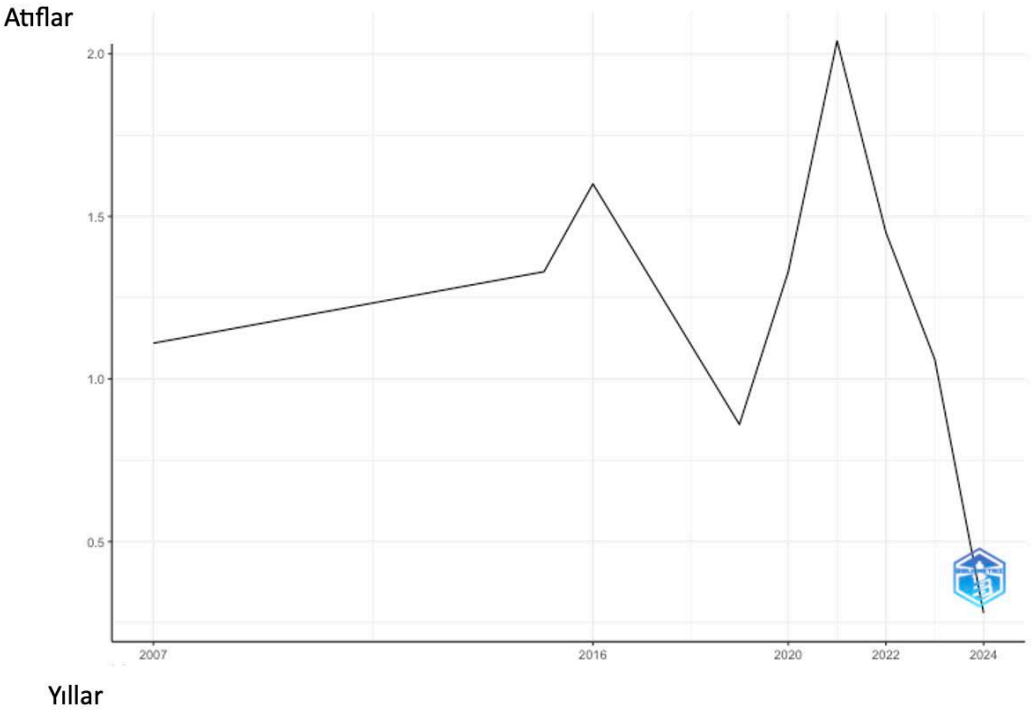
Şekil 3'te makalelerin yıllara göre dağılımı grafik olarak verilmiştir. Şekil 3'te 2024 yılında yazılan makalelerin en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. 2023 ve 2022 yıllarındaki yayın sayıları da belirgin bir şekilde yükselmiş durumdadır. 2020 ve öncesi yıllarda özellikle 2016, 2015 ve 2007 gibi, daha düşük seviyede yayınlar yer almaktadır. Bu durum, Arduino teknolojisinin iklim değişikliği ile mücadelede son yıllarda artan bir şekilde önem kazandığını ve araştırma ilgisinin giderek büyüdüğünü göstermektedir.

Şekil 3 ve tablo 1 birlikte değerlendirildiğinde, iklim değişikliğiyle mücadelede teknolojik çözümlerin, özellikle Arduino'nun, zamanla daha fazla araştırmacının ilgisini çektiği söylenebilir. Özellikle 2020 sonrası günümüze yakın yıllar, bu konuda yapılan akademik çalışmaların hızlandığını göstermektedir. Bu eğilim, gelecekte de benzer konularda araştırmaların artabileceğini düşündürmektedir.

2. Makalelerin yıllık ortalama alıntılanma oranı

Tablo 2.
Arduino teknolojisinin iklim değişikliğiyle mücadeledeki bilimsel yayın performansı (2007-2024)

Yıl	Makale Başına Ortalama Atıf (MeanTCperArt)	N	Yıl Başına Ortalama Atıf (MeanTCperYear)	Atıf Alınabilir Yıllar (CitableYears)
2007	21,00	1	1,17	18
2015	14,67	3	1,47	10
2016	16,00	1	1,78	9
2019	6,00	1	1,00	6
2020	8,00	1	1,60	5
2021	10,20	5	2,55	4
2022	5,80	5	1,93	3
2023	3,17	6	1,58	2
2024	0,57	7	0,57	1



Şekil 4. Atıf eğilimleri

2007 ve 2016 yılları arasında yayımlanan makaleler yüksek atıf alırken, son yıllarda yazılan makalelerin atıf sayıları daha düşüktür. Bunun nedeni, yeni yayımlanan makalelerin henüz yeterince uzun bir süre dolaşımda olmaması ve bu nedenle atıf alacak kadar zaman geçmemiş olması olabilir. 2007 yılı makale başına 21,00 atıf ile en yüksek ortalamaya sahipken 2024 yılı makalelerde atıf ortalaması 0, 57'dir. 2007'de yayımlanan makale, 18 yıl boyunca yayında olduğu için, makalenin uzun vadede daha fazla atıf alma şansı artmıştır. 2023 ve 2024 gibi yakın tarihlerde yayımlanan makaleler henüz yeterince uzun süre dolaşımda olmadığından (2 ve 1 yıl), atıf alabilirlik süresi kısadır (Şekil 4).

2021 ve sonrasında makale sayısındaki artış, Arduino teknolojisinin iklim değişikliğiyle ilgili daha fazla projede kullanıldığını veya daha geniş bir bilimsel topluluğun ilgisini çektiğini düşündürebilir. Yeni makalelerin atıf performansındaki düşüş, daha fazla makale yayımlanması nedeniyle rekabetin artmasından kaynaklanabilir. Ayrıca, konunun henüz oturmuş bir literatür ağı oluşturmadığını da gösterebilir.

İklim değişikliği ve Arduino ile ilintili makalelerin hem 2020 yılı pandemi döneminin (Rume & Islam, 2020) getirdiği uzaktan izleme ihtiyacı nedeniyle hem de 2015 yılında kabul edilen SKH'lerinin sürdürülebilir çözümleri teşvik eden yapısına uygun bir şekilde ilerleme gösterdiği söylenebilir (Birleşmiş Milletler, 2015)



Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper

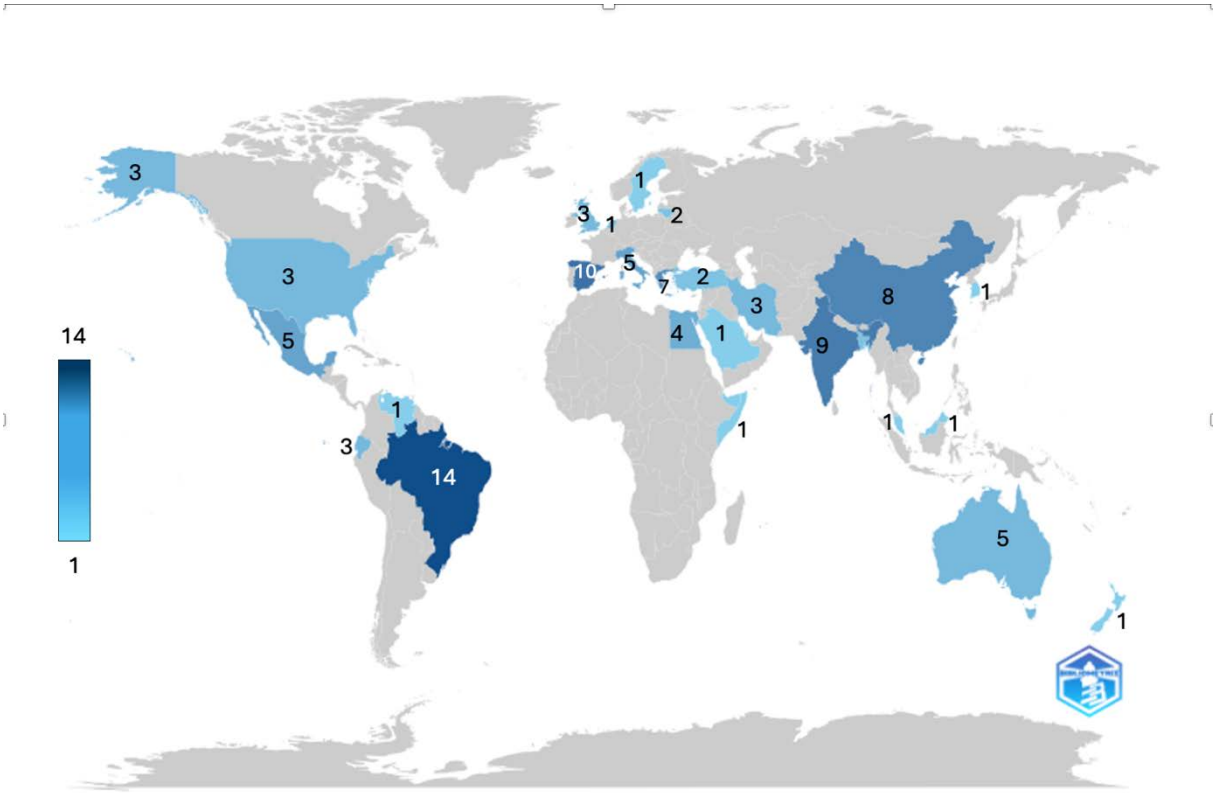


Bu verilerden hareketle, Arduino tabanlı çalışmaların popülerleşerek arttığı ve teknolojinin enerji verimliliği, çevresel izleme, akıllı tarım, hava kalitesi ölçümü gibi iklim değişikliğiyle mücadelede önemli uygulama alanları bulduğunu söyleyebiliriz. Ancak, bu araştırma alanının özellikle iklim değişimi ile mücadelede Arduinonun bir araç olarak kullanım fikrinin hala gelişim aşamasında olduğu ve eski çalışmalara kıyasla yeni çalışmaların daha fazla görünürlük ve etki kazanması gerektiği açıktır.

3. Makalelerin ülkelere göre dağılımı

Tablo 3.
Ülkelerin bilimsel üretimi

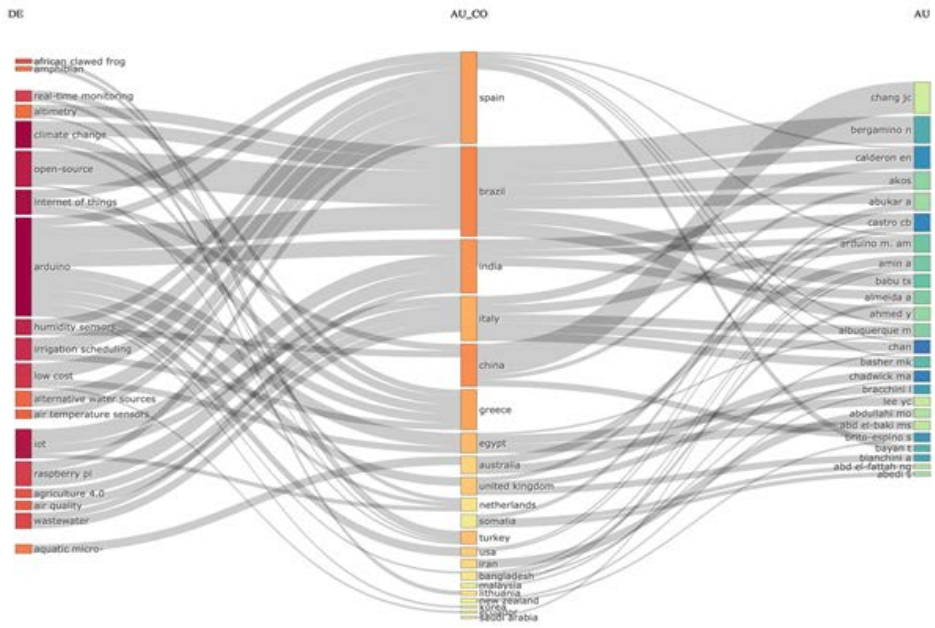
Ülke	f	%
Brezilya	14	15.56%
İspanya	10	11.11%
Hindistan	9	10.00%
Çin	8	8.89%
Yunanistan	7	7.78%
İtalya	5	5.56%
Meksika	5	5.56%
Mısır	4	4.44%
Avustralya	3	3.33%
Ekvador	3	3.33%
İran	3	3.33%
Hollanda	3	3.33%
Birleşik Krallık	3	3.33%
ABD	3	3.33%
Bangladeş	2	2.22%
Litvanya	2	2.22%
Türkiye	2	2.22%
Malezya	1	1.11%
Yeni Zelanda	1	1.11%
Suudi Arabistan	1	1.11%
Somalı	1	1.11%
Güney Kore	1	1.11%
İsveç	1	1.11%
Venezuela	1	1.11%
Toplam	90	100 %



Şekil 5. Ülkelerin bilimsel üretimi

Arduino'nun iklim değişimi ile mücadelesindeki rolüne ilişkin araştırma yapan ülke sayısı 24'tür. Konu hakkında ülkelerin katkısı harita üzerinde gösterilmektedir. Bu konuda yayın yapan yazarların bulunduğu ülkeler açık maviden koyu maviye doğru renklendirilerek gösterilmiştir. Yazarların olmadığı ülkeler ise siyah renkle gösterilmiştir. Makale sayısı, ortak yazarlığa dayalı olarak farklı ülkeler arasında iş birliği içinde yayınlananları içermektedir. Yani bir makalede birden fazla ülkeden yazar var ise o makale her yazarın ülkesinin frekansına eklenmiştir. Bu bağlamda Arduino ve iklim değişimi ile ilgili en çok ortaklık yapan ülke Brezilya, İspanya, Hindistan'dır.

Daha düşük katkı gösteren ülkeler ise yalnızca 1 makale ile %1.11'lik bir orana sahiptir. Bu ülkelerde Arduino'nun iklim değişikliğiyle mücadelesi üzerine yapılan çalışmalar sayıca daha sınırlı, bu da bu ülkelerin bu teknolojiye dair daha fazla araştırma ve uygulama yapma potansiyeline işaret etmektedir. Genel olarak, Arduino teknolojisinin küresel ölçekte iklim değişikliğiyle mücadelede araç olarak görülmesine rağmen, bazı bölgelerde yapılan araştırmaların az olduğu söylenebilir.



Şekil 6. Arduino teknolojisinin iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolü: üç alan grafiği (three fields plot)

Üç alan grafiğinde, seçilen alanlar arasındaki ilişkiler gösterilir. Şekil 5'te yazar isimleri, yazarların bağlı oldukları ülkeler ve anahtar kelimeler üç alan olarak seçilmiştir.

4. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda makalelerin dağılımı

Tablo 4.
Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda makalelerin dağılımı

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri	**Kayıt Sayısı**	**%**
02 Açlığa Son	2	%4.76
03 İyi Sağlık ve Refah	3	%7.14
04 Kaliteli Eğitim	1	%2.38
06 Temiz Su ve Sanitasyon	2	%4.76
07 Uygun Fiyatlı ve Temiz Enerji	6	%14.29
09 Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı	1	%2.38
11 Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar	3	%7.14
12 Sorumlu Tüketim ve Üretim	3	%7.14
13 İklim Eylemi	11	%26.19
14 Su Altı Yaşamı	4	%9.52
15 Kara Yaşamı	6	%14.29
TOPLAM	42	%100

Tablo 4 "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri" doğrultusunda makalelerin dağılımını göstermektedir. İncelenen 30 makale olmasına rağmen toplam kayıt sayısının 42 olmasının nedeni, bir makalede birden fazla sürdürülebilir kalkınma hedefi ile ilişkilendirilmiş olmasıdır. Bu verilere göre 13 İklim Eylemi hedefi, %26.19 ile en yüksek orana sahip olup, araştırmaların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu durum, iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik artan bir ilgi ve literatür katkısını göstermektedir. Ayrıca 07 Uygun Fiyatlı ve Temiz Enerji (%14.29) ve 15 Kara Yaşamı(%14.29) hedefleri de dikkat çekici düzeyde temsil edilmektedir(Tablo 4). Özellikle 01 Yoksulluğa Son, 05 Toplumsal Cinsiyet Eşitliği, 08 İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme, 10 Eşitsizliklerin Azaltılması, 16 Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar ve 17 Amaçlar için Ortaklıklar hedeflerine yönelik literatürün eksik olduğu görülmektedir. Bu durum, iklim değişikliğiyle doğrudan bağlantılı bir kalkınma hedefi bulunmamasından kaynaklanıyor olabilir. Arduino ve benzeri teknolojilerin kullanımıyla geliştirilen teknolojik çalışmaların ve ürünlerin, piyasaya sürülmeden önce bilimsel araştırma projelerine dönüştürülerek etkililiklerinin bilimsel yöntemlerle kanıtlanması ve bu verilerin literatüre katkı sağlaması önem arz etmektedir. Bu yaklaşım hem ürünlerin güvenilirliğini artıracak, bilimsel bilginin yayılmasına katkıda bulunacak ve daha geniş bir etki alanı yaratarak iklim değişimi ile mücadelede daha etkili bir rol oynayacaktır.

5. Kelime bulutu ve kelime ağacı analizi



Şekil 7. Kelime bulutu analizi.

Kelime bulutları, temel olarak belirli bir mekansal düzenlemeye (sıralı, dairesel, kümelenmiş, vb.) sahip kelimelerin ağırlıklandırılmış bir listesidir. Kelimelerin yazı tipi boyutları, altta yatan metin verilerindeki önemlerini veya ortaya çıkış sıklıklarını gösterir (Burch, Lohmann, Beck, Rodriguez, Di Silvestro, & Weiskopf, 2015, s.1). Bulutlar, bir metnin belirli bir bilgi ihtiyacına uygun olup olmadığını değerlendirmeye yardımcı olur (Heimerl, Lohmann, Lange, & Ertl, 2014, s. 1833).

Bu bağlamda, Şekil 7'deki kelime bulutu, Arduino'nun iklim değişikliğiyle mücadelede kullanımına ilişkin literatürde sıkça yer verilen kelimeleri göstermektedir. Öne çıkan ilk 3 kelime; design (tasarım), model ve performance (performans) iken, bu kelimelerin çevresel izleme ve kontrol sistemleri için kritik bir öneme sahip olduğu söylenebilir. Daha az kullanılan, ancak yine de konuya

bağlamında olan kelimeler arasında climate-change (iklim değişikliği), crops (ürünler) ve drought (kuraklık) yer almaktadır. Bu durum, ilgili teknolojilerin hem mühendislik hem de çevre bilimleri bağlamında farklı disiplinlerde ele alındığını göstermektedir.

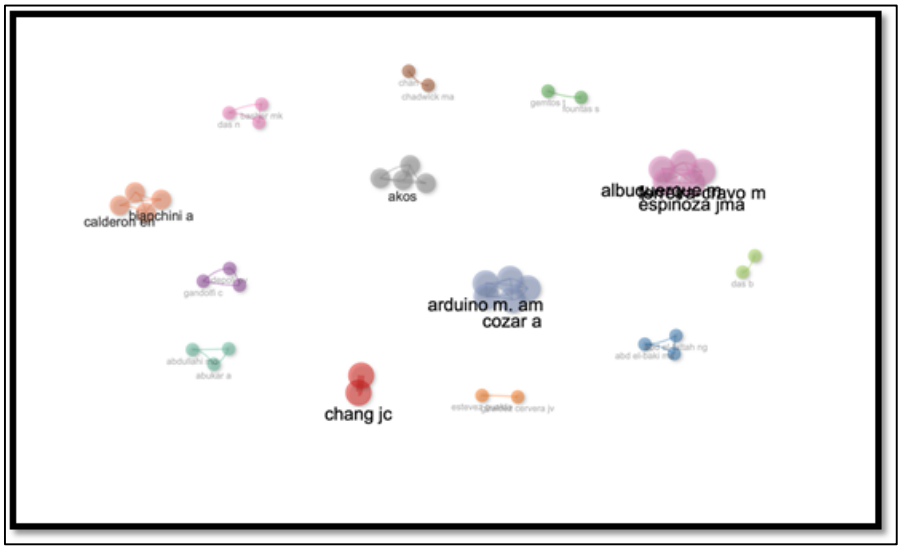


Şekil 8. Kelime ağacı analizi.

Şekil 8'deki kelime ağacı haritası, literatürde yer alan araştırma özetlerinde sıklıkla kullanılan terimleri ve bu terimlerin bağlamlarını detaylı bir şekilde görselleştirmektedir. Örneğin, "design" kelimesi genellikle çevresel izleme sistemlerinin tasarımı ile ilişkilendirilirken, "optimization" kelimesi daha verimli yenilenebilir enerji çözümleri veya sistem performansı ile bağlantılı olarak kullanılmaktadır. Bu analiz, Arduino teknolojisinin çok yönlü uygulama alanlarını ve bu alanların literatürdeki yansımasını göstermektedir.

6. Yazarlar Arası İş birliği Ağı

Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2025), 1 (2), 54-75.
The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2025), 1 (2), 54-75.
İnceleme Makalesi / Rewiev Paper



Şekil 9. Yazarlar arası iş birliği ağı analizi.

Bu işbirliği ağına göre, her kümede öne çıkan isimler yazarların closeness değerlerinin yüksek olmasıyla belirginleşmektedir. Cluster 1'de Chang JC ve Lee YC, güçlü bağlantılarıyla ön plana çıkmaktadır. Cluster 2'de ise Abd El-Baki MS, Abd El-Fattah NG ve Elsayed S dikkat çeken isimlerdir. Cluster 3'te Fountas S ve Gemtos T, doğrudan işbirlikleriyle merkezi bir rol oynamaktadır. Cluster 4'te Depoli EV, Facchi A ve Gandolfi C öne çıkarken, Cluster 5'te Estevez Gualda ve Giraldez Cervera JV ağın merkezi isimleridir. Cluster 6'da Chadwick MA ve Chan, güçlü bağlarıyla dikkat çekerken, Cluster 7'de Basher MK, Das N ve Ghosh S önemli pozisyondadır. Cluster 8'de Akos, D.M. DM, Fagundes MAR ve Geremia-Nievinski F, Cluster 9'da ise Abdullahi MO, Abukar A ve Ahmed Y göze çarpmaktadır. Cluster 10'da Bianchini A, Calderon EN, Castro CB ve Duarte G ön plandayken, Cluster 11'de Arduino M. AM, Bergamino N, Bracchini L, Cozar A ve Dattilo dikkat çekmektedir. Cluster 12'de Albuquerque M, Almeida A, Espinoza JMA, Ferreira-Cravo M ve Gonzaga B yer alırken, Cluster 13'te Das B ve Ghosh R işbirlikleriyle öne çıkan isimlerdir. Bu analiz, her kümenin içindeki merkezi aktörlerin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu işbirliği ağı, yazarlar arasındaki ilişkilerin 13 farklı küme (cluster) etrafında toplandığını göstermektedir. Her küme, kendi içinde yoğun işbirliklerine sahipken, kümeler arasında bağlantı bulunmamaktadır. Merkezi kümeler (Cluster 1, 3, 5, 6 ve 13), closeness değerlerinin yüksek olması nedeniyle ağın daha erişilebilir ve güçlü işbirliği içinde olan gruplarını oluşturur. Orta dereceli kümeler (Cluster 2, 4, 7 ve 9) daha az merkezi bir yapıya sahipken, izole kümeler (Cluster 8, 10, 11 ve 12) ağın çevresinde yer almakta ve diğer gruplardan uzak bir konumda bulunmaktadır. Bu yapı, işbirliklerinin daha çok yerel düzeyde olduğunu ve kümeler arası etkileşimlerin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

İklim değişimi gibi çok disiplinli ve küresel bir sorun, doğası gereği yazarların farklı kümelerde yoğunlaşmasına neden olmuş olabilir. Bu dağınıklık, konu çeşitliliği ve uzmanlaşma nedeniyle anlaşılabilir bir durumdur. Ancak bu kümeler arası bağlantıların güçlendirilmesi, daha kapsamlı

çözümler üretilmesi açısından kritik önem taşır. Disiplinler arası projeler, ortak çalıştaylar ve uluslararası işbirlikleri, multidisipliner programlar bu dağınıklığı azaltmak ve daha entegre bir işbirliği ağı oluşturmak ve iklim değişimi kaynaklı sorunları gidermek için etkili bir yol olabilir.

Sonuç ve Öneriler

Araştırmalar, Arduino'nun düşük maliyetli ve esnek yapısıyla çevresel izleme ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir araç olarak öne çıktığını fakat bu konuda yazılmış makale sayısının oldukça az olduğunu göstermektedir. Arduino tabanlı sensörlerin ve IoT sistemlerinin, çevresel verilerin toplanması ve analiz edilmesi sürecini hızlandırarak, daha etkili ve sürdürülebilir çözümler geliştirilmesine katkı sağladığı açıktır. Özellikle son yıllarda, Arduino'nun bu alandaki rolü artmış ve araştırmaların sayısında kayda değer bir artış gözlemlenmiştir.

Arduino tabanlı çalışmalar, yalnızca bireysel araştırmacıların değil, aynı zamanda uluslararası iş birliğinin de etkili olduğu bir alan haline gelmiştir. Makalelerin %30'u uluslararası ortak yazarlıkla hazırlanmış olup, bu da konunun küresel bir ilgiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu tür iş birliği, daha geniş bir etki yaratılmasına ve çözümlerin küresel düzeyde uygulanabilirliğine olanak tanımaktadır. Küresel düzeyde yapılacak çalışmalar, iklim değişiminin küresel bir sorun olmasından kaynaklı önem arz etmektedir.

Çalışmaların büyük bir kısmının “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri” arasında İklim Eylemi hedefi doğrultusunda olduğu ve bunun yanı sıra Uygun Fiyatlı ve Temiz Enerji ile Kara Yaşamı gibi hedeflere de katkı sağladığı görülmektedir(Birleşmiş Milletler, 2015).Arduino teknolojisinin, bu hedeflere yönelik yenilikçi çözümler sunduğu ve çevresel sorunlara dair bilinç oluşturarak, pratik çözümler geliştirilmesinde önemli bir rol oynadığı söylenebilir.

Arduino teknolojisinin iklim değişimi ile ilgili potansiyeli henüz tam anlamıyla keşfedilememiştir. Bu teknoloji, çevre, mühendislik, tarım, enerji sistemleri gibi farklı alanlarda daha fazla iş birliği gerektiren multidisipliner bir yapıya sahiptir. Literatürdeki boşluklar, özellikle disiplinler arası iş birliği eksikliğinden ve multidisipliner programların yaygın olmamasından kaynaklanıyor olabilir. Çevresel izleme, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir kalkınma gibi konularda daha fazla entegre çalışmanın yapılması gerektiği açıkça ortadadır. Bu bağlamda, multidisipliner araştırma ağlarının kurulması ve disiplinler arası ve multidisipliner çalışmaların teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Gelecekte Arduino tabanlı çözümler, tarım alanı, enerji izleme ve su yönetimi gibi alanlarda kullanılabilir. Bu tür araştırmaların özellikle gelişmekte olan bölgelerde ve iklim değişikliğinden en fazla etkilenen yerlerde uygulanabilirliği yüksek olacaktır. Ayrıca, Arduino'nun entegre edildiği sistemlerin daha verimli hale getirilmesi, verilerin daha kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi ve çevresel çözüm üretme kapasitesinin artırılması ve önlem alınması için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. (Adger, Brown, & Waters, 2014).

Arduino teknolojisi, düşük maliyetli ve erişilebilir yapısıyla, kutup bölgelerindeki çevresel değişimleri izlemek için yenilikçi bir çözüm sunabilir. İklim değişikliğinin etkilerinin en yoğun

hissedildiği bu bölgelerde, Arduino tabanlı sistemler buzulların erimesi ve hava koşullarının izlenmesi, yaban hayatı izleme, buz kalınlığı ve okyanus koşulları izleme, veri iletimi ve uzaktan erişim ile uzaktan izleme ve veri toplama için kullanılabilir (Kesavan, Glazachev, Grishaeva, Spirin, & Alymova, 2021). Arduino, kutup bölgelerindeki değişimlerin daha geniş kitleler tarafından anlaşılmasını sağlayarak, toplumda iklim değişikliği konusunda farkındalık oluşturulmasına önemli bir katkı sunabilir.

Arduino tabanlı sistemler, bilim insanları ve öğrenciler için düşük maliyetli eğitim ve araştırma projelerinde etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu sistemlerin ders içeriklerine entegre edilmesi, gelecekte Arduino'nun iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolünü artırabilir. Ayrıca, Arduino aracılığı ile öğretmenler tarafından iklim değişimini önleyen ya da çevre eğitimi verebilen ders materyalleri geliştirilebilir.

Arduino teknolojisi, düşük maliyetli ve erişilebilir çözümler sunarak, çevresel sorunların çözümüne katkı sağlamak için güçlü bir araç olma potansiyeline sahip olabilir. Nitekim Arduino, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir araç olarak gelecekte daha fazla kullanılabilir. Bu alandaki araştırmaların giderek artan bir hızla devam etmesi beklenmektedir. Ancak, bu süreçte disiplinler arası iş birliği, multidisipliner programların açılması, araştırma kalitesi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik daha kapsamlı çalışmalar yapılması gereklidir.

Kaynakça

Abdullahi, M. O., Jimale, A. D., Ahmed, Y. A., & Nageeye, A. Y. (2024). IoT-based livestock tracking: Addressing challenges in Somali livestock farming. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, *11*(3), 84–91.

Abedi, S., Moradi, M. H., & Shirmohammadi, R. (2023). Real-time photovoltaic energy assessment using a GSM-based smart monitoring system: Addressing the impact of climate change on solar energy estimation software. *Energy Reports*, *10*, 2361–2373.

Adger, W. N., Brown, K., & Waters, J. (2014). Climate resilient development. In J. S. Dryzek, R. B. Norgaard, & D. Schlosberg (Eds.), The Oxford handbook of climate change and society (p. 706). Oxford University Press.

Amin, A., Wang, X., Guoxiang, S., Shi, Y., Ndumiaassan, J. N., & Okasha, M. (2024). Design and experimentation of a solar-powered robot for cleaning the greenhouse roofs. Results in Engineering, 23, 102602.

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of Informetrics, 11(4), 959–975.

Aslancı, S. (2022). Araştırma sorgulamaya dayalı öğrenme: Bibliyometrik bir analiz. Scientific Educational Studies (Bilimsel Eğitim Araştırmaları), 6(1), 1–25.

Beginner's Guide to Use Arduino Kit. (2021). *12 best projects included* (pp. 1–10).

Birleşmiş Milletler, Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı, Nüfus Bölümü. (2022). Dünya Nüfusu Görünümleri 2022: Sonuçların Özeti. https://www.un.org/development/desa/pd/content/world-population-prospects-2022

Birleşmiş Milletler. (2015). Sürdürülebilir kalkınma hedefleri. https://sdgs.un.org/goals

Burch, M., Lohmann, S., Beck, F., Rodriguez, N., Di Silvestro, L., & Weiskopf, D. (2015). RadCloud: Visualizing multiple texts with merged word clouds. University of Stuttgart.

Dougherty, D. (2012). The maker movement. Innovations: Technology, Governance, Globalization, 7(3), 11–14.

Fan, J., Liu, G., & Xia, Z. (2022). *A bibliometric analysis of climate change risk perception: Hot spots, trends and improvements*. Frontiers in Environmental Science, 10, Article 987654.

Heimerl, F., Lohmann, S., Lange, S., & Ertl, T. (2014). Word Cloud Explorer: Text analytics based on word clouds. In Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences (pp. 1833–1842). IEEE.

IPCC. (2022). Climate resilient development pathways. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. M. B. Tignor et al. (Eds.), Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 2701–2750). Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

Judijanto, L., Suhara, A., & Mayasari, N. (2024). *Bibliometric analysis of green technology research trends and their impact on the global*. West Science: Nusantara Technology, 2(3), 34–44.

Kang, C., & Gil, K. (2023). Constructing an Internet of things wetland monitoring device and a real-time wetland monitoring system. *Membrane and Water Treatment*, *14*(4), 155–162.

Kesavan, P. C., Glazachev, O. S., Grishaeva, Y. M., Spirin, I. V., & Alymova, O. V. (2021). Sustainable development for a secure future: An overview of challenges and key solutions. Environmental Science and Policy, 296-305.

Lee, S., Jo, J.-Y., & Kim, Y. (2015). Restful web service and web-based data visualization for environmental monitoring. *International Journal of Software Innovation, 3*(1), 75–94.

Masseroni, D., Facchi, A., Depoli, E. V., Renga, F. M., & Gandolfi, C. (2016). Irrig-OH: An open-hardware device for soil water potential monitoring and irrigation management. Irrigation and Drainage, 65(5), 750–761.

Omoregbe, O., Mustafa, A. N., Steinberger-Wilckens, R., El-Kharouf, A., & Onyeaka, H. (2020). *Carbon capture technologies for climate change mitigation: A bibliometric analysis of scientific discourse during 1998–2018*. Science of The Total Environment, 746, 141094.

Patton, M. Q. (2001). Qualitative research and evaluation methods (3rd ed.). Sage Publications.

Rafalow, M. H. (2016). Tinkering online: Digital supports for making and sharing. In K. Peppler, E. Halverson, & Y. Kafai (Eds.), Makeology: Makerspaces as learning environments (Vol. 1, pp. 64-77). Routledge.

Rume, T., & Islam, S. M. D. U. (2020). Environmental effects of COVID-19 pandemic and potential strategies of sustainability. Heliyon, 6(9), e04965.

Türkeş, M. (2022). IPCC'nin yeni yayımlanan iklim değişikliğinin etkileri, uyum ve etkilenebilirlik raporu bize neler söylüyor?. Resilience, 6(1), 197-207.

Türkeş, M. (2021a). Toplumun iklim değişikliği direngenliği güçlendirilebilir mi? Spektrum, Kasım, 6, 95-101.

Yiğitbaşıoğlu, H. (2016). Dünyanın oluşumundan günümüze kadar yaşanan iklim değişiklikleri, nedenleri ve etkileri. İçinde E. Ural (Ed.), Küresel iklim değişikliği ve etkileri (Engin Ural anısına) (ss. 43–69). Türkiye Çevre Vakfı Yayını.