Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 32(4), 729-741, 2026

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

# Yeşil bilişim üzerine bibliyometrik bir analiz (2000-2024)

## A bibliometric analysis on green computing (2000-2024)

*Halime Suvay Eker*[1*]

[1]Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
halime.eker@gedik.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 15.05.2025 Düzeltme Tarihi/Revision: 19.09.2025 doi: 10.65206/pajes.44014
Kabul Tarihi/Accepted: 27.11.2025 Araştırma Makalesi/Research Article

**Öz**

*Bibliyometrik çalışmalar, belirli bir alandaki akademik üretkenliği, yayın trendlerini, öncü araştırmacıları veya kurumları sistematik olarak inceleme olanağı sunmaktadır. Yeşil bilişim (green computing) alanında yapılacak bir bibliyometrik analiz de enerji tasarrufu, çevre dostu bilgi teknolojileri, sürdürülebilir yazılım ve donanım gibi konularda araştırma eğilimlerini ortaya çıkarabilir. Bu çalışmada, 2000-2024 yılları arasında Scopus veri tabanında yeşil bilişim alanında yayımlanan 6,532 makale, çeşitli performans göstergeleri doğrultusunda VOSviewer yazılımı aracılığı ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, Çin'in 2,574 yayınla bu alanda lider olduğunu, Rajkumar Buyya'nın ise 55 makaleyle en üretken yazar olduğunu ortaya koymuştur. Kurum atıf analizinin sonuçları, Google'ın 1,195 atıfla en çok atıf yapılan kurum olduğunu, New York Eyalet Üniversitesi'nin ise toplam 32 makaleyle en fazla makale yayınlayan kurum olduğunu göstermiştir. Dergiler arasında Ieee Access, 478 yayın ve 12,876 atıfla en etkili yayın organı olarak öne çıkmıştır. Son olarak yeşil bilişim çalışmalarında en çok kullanılan kelimeler sırasıyla "Enerji Verimliliği", "Bulut Bilişim" ve "Yeşil Bilişim"dir.*

**Anahtar kelimeler:** Yeşil bilişim, VOSviewer, Bibliyometrik analiz.

**Abstract**

*Bibliometric studies offer a systematic approach to examining academic productivity, publication trends, and the contributions of leading researchers and institutions within a specific field. A bibliometric analysis in the field of green computing can uncover research trends on topics such as energy conservation, environmentally friendly information technologies, and sustainable software and hardware. This study analyzes 6,532 articles published between 2000 and 2024 in the Scopus database on green computing, using the VOSviewer software and various performance indicators. The analysis results reveal that China leads in this field with 2,574 publications, while Rajkumar Buyya is the most prolific author with 55 articles. The results of institutional citation analysis indicate that Google is the most cited institution with 1,195 citations, whereas the State University of New York has published the highest number of articles, totaling 32. Among journals, IEEE Access emerges as the most influential outlet, with 478 publications and 12,876 citations. Finally, the most frequently used keywords in green computing studies are "Energy Efficiency", "Cloud Computing" and "Green Computing".*

**Keywords:** Green computing, VOSviewer, Bibliometric analysis.

## 1 Giriş

Belirli bir araştırma alanının literatürdeki gelişiminin sistematik bir şekilde izlenmesi, bilimsel bilgi üretiminin ne tarafa yöneldiğini ve hangi dinamikleri barındırdığını keşfetmek açısından önem arz etmektedir. Bibliyometrik analiz, yayınların veya belgelerin yazar, konu, yayın bilgisi, atıf yapılan kaynaklar ve buna benzer birçok özelliklerin niceliksel olarak analiz edilmesine imkân vermektedir [1]. Dolayısıyla araştırmacılar herhangi bir alana yönelik sistematik bir inceleme yapmak istediklerinde bibliyometrik analizi kullanmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmada "Yeşil Bilişim" konusu ile ilgili yapılan çalışmaların geniş çaplı bir değerlendirmesini sağlamak için bibliyometrik analiz yapmak amaçlanmıştır. Literatür incelendiğinde yeşil bilişim konusunu temel alarak yapılan bibliyometrik analiz çalışmalarının olduğu görülmüş ancak Scopus veri tabanında 2000- 2024 yılları arasındaki makaleleri ele alarak yapılan bir bibliyometrik çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçların, önceki çalışmalarla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, yeşil bilişim alanındaki çalışmalara dair benzerliklerin ve farklılıkların belirlenmesine imkân vereceği ve bu yönüyle literatüre katkı sağlayacağı söylenebilir. Bununla birlikte çalışmanın Türkçe olarak hazırlanmış olması yerel literatüre katkı sağlayacak niteliktedir.

Literatürde karşımıza çıkan yeşil bilişim alanındaki bibliyometrik analiz çalışmalarının bazıları şu şekildedir. Angelaki ve diğ. çevresel, Sosyal ve Yönetim (Environmental, Social, and Governance) ilkelerinin yeşil bilişim uygulamalarıyla bütünleştirilmesinin kritik bir strateji olduğunu belirtmiş bu doğrultuda 2004 ile 2024 yılları arasında yayımlanmış olan ve Scopus veri tabanından elde edilen 750 makaleye yönelik bir bibliyometrik analiz VOSviewer aracılığı ile yapılmıştır [2]. Guthrie, yeşil bilişim konusunun bilgisayar bilimleri, bilgi sistemleri, sürdürülebilirlik, üretim yönetimi ve mühendislik gibi çeşitli disiplinlerde artış göstermesinden hareket ederek bu konunun gelişimini ve mevcut durumunu belirlemeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda Scopus veri tabanını kullanılarak 1996-2023 yılları arasını kasapyan toplam 4,067 hakemli dergiyi ve konferans bildirisini Bibliometrix yazılımını kullanarak incelemiştir [3]. Paul ve diğ. araştırmalarında Scopus, ERIC, PubMed, DOAJ, Science Direct, Web of Science, IEEE Xplore ve Google Scholar gibi çeşitli veri tabanlarından faydalanarak yeşil bilişim konusundaki on iki farklı alt alanı incelemiş ve her bir alandaki araştırmaları derleyerek özetlemişlerdir [4]. Chandani ve diğ. yeşil bilişim alanındaki mevcut literatürü bibliyometrik analiz ile incelemişlerdir. Çalışma verileri 2001-2020 yılları arasını kapsayan ve yalnızca İngilizce dili içeren makalelerden oluşmuş olup Scopus veri tabanından elde edilmiştir. Analizler ise VOSviewer yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir [5].

*Yazışılan yazar/Corresponding author

Purnomo ve diğ. çalışmalarında bibliyometrik bir analizden hareket ederek yeşil bilişim teknolojisi alanındaki araştırma eğilimlerini ve haritalanmasını uluslararası ölçekte görselleştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç kapsamında Scopus veri tabanından ulaşılan 1949-2020 yılları arasında yayımlanmış 1,412 bilimsel doküman VOSviewer programıyla incelenmiştir [6]. Purnomo ve diğ. çalışmalarında yeşil bilişim konusunda Scopus veri tabanı üzerinden elde edilen 1979-2020 yılları arasındaki 2,596 bilimsel dokümanı VOSviewer aracılığıyla incelemişlerdir [7]. Liao ve Chen, yeşil iletişim ve yeşil bilişim konularını ele almış 2009-2021 yılları arasında yayımlanan çalışmaları kapsayan 684 bibliyografik kayıttan oluşan bir veri seti kullanarak bibliyometrik analiz gerçekleştirmişlerdir [8]. Verma ve Singh, yeşil bilişim konusunda yapılan çalışmaların hızla artması ve bu aladan meydana gelen bilgi birikiminden faydalanarak 2010-2020 yılları arasında Web of Science veri tabanından elde ettikleri toplam 307 makaleyi VOSviewer yazılımı kullanılarak görselleştirilmiş ve analiz etmişlerdir [9]. Önaçan, yaptığı çalışmada Türkiye'de Türkçe yayımlanmış, yeşil bilişim konusundaki 13 çalışma üzerinde sistematik literatür taraması gerçekleştirmiştir. Bu yolla, dünyadaki çalışmalar ile Türkiye'deki çalışmaların farklılıklarını ortaya koymuş, ihtiyaç duyulan çalışma alanlarını belirlemiştir [10]. García-Berná ve diğ. çalışmalarında yeşil bilişim teknolojilerinin sürdürülebilirliği ile ilgili literatürü, Scopus veri tabanından herhangi bir zaman kısıtlaması uygulamadan elde etmişlerdir. Çalışma verilerini Excel, VOSviewer ve SPSS yazılımlarını kullanarak incelemişlerdir [11].

Literatürde yapılan bibliyometrik çalışmaların, yeşil bilişim alanının gelişimini, araştırma boşluklarını ve gelecekteki yönelimleri belirlemede önemli bir rehber olduğu aşikârdir. Bu bağlamda, bu çalışma yeşil bilişim alanında yapılan bibliyometrik analiz ile Türkçe literatürde olan eksiği gidermeye katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda Scopus veri tabanı üzerinden yeşil bilişim anahtar sözcüğü ile ulaşılan 6,532 makele VOSviewer programı ile analiz edilmiştir. Verilere dair öncelikle tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. Daha sonra VOSviewer programı ile ortak yazarlık, yazarların atıf bağlantıları, kurumların atıf bağlantıları, ülkelerin atıf bağlantıları, yayın kaynaklarının atıf bağlantıları, ortak atıf yapılan yazarların bağlantıları, en sık kullanılan anahtar kelime bağlantıları ve yazarların bibliyografik eşleşme bağlantıları analiz edilmiş ve ağ görselleştirme ile sunulmuştur.

## 2 Yeşil bilişim

Kişilerin çevreye karşı duyarlılığında meydana gelen artış ile 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren gündelik konuşmalarda "yeşil" kelimesi ile beraber kullanılan, yeşil işletme, yeşil ürün, yeşil teknoloji veya yeşil bilişim gibi kavramlar yer almıştır [10]. Bu kapsamda, yeşil renk, genellikle enerji verimliliği ve çevre dostu kavramlarla ilişkilendirilerek gelecek nesillerin ve çevrenin korunması gibi değerleri sembolize etmektedir [10].

Teknolojik ürünlerin yaygın kullanımıyla derinleşen çevresel sorunların etkilerini azaltmaya yönelik olarak yeşil çözümlerin geliştirilmesinin zorunlu hâle geldiği söylenebilir. Bu noktada yeşil bilişim kavramı dikkat çekmektedir. Yeşil bilişimin ekolojik bir bilişim anlayışı olduğunu ifade eden Vikram'a göre yeşil bilişimin amacı bilgisayarlar, sunucular, yazıcılar, ağ ve iletişim sistemleri gibi bunlarla ilişkili cihazların çevre dostu bir şekilde çalışmasıdır [12]. Paul ve diğ.ise yeşil bilişim kavramını, bilgisayar çiplerinin, sistemlerinin, ağlarının ve yazılımlarının enerji verimliliğini en üst düzeye çıkaracak ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirecek şekilde geliştirilmesi ve optimize edilmesi süreci olarak tanımlamıştır [4].

Verimli ve çevre dostu bilişim kaynaklarının incelenmesi ve uygulanması olan yeşil bilişim, artık sadece çevre kuruluşlarının değil, aynı anda diğer sektörlerden işletmelerin de dikkatini çekmektedir. Son yıllarda bilgisayar sektöründeki şirketler, hem halkla ilişkiler hem de maliyetlerin düşürülmesi açısından yeşil olmanın kendi çıkarlarına olduğunu fark etmeye başlamışlardır. Örneğin, anakart yonga setleri, CPU'lar ve diğer bilgisayar donanımları üreten Tayvanlı bir şirket olan VIA Teknolojileri, 2001 yılında "yeşil bilişim" girişimini tanıtmıştır. Şirket, benimsemiş olduğu bu yeşil vizyonla ürünlerinin tasarım ve üretim süreçlerinde enerji verimliliğine odaklanmıştır. Böylelikle çeşitli temiz bilişim stratejilerinden faydalanarak çevre dostu ürünler üretmektedir. Bununla birlikte , yeşil bilişimin çevre, verimlilik ve genel kullanıcı deneyimi açısından sağladığı faydalar konusunda piyasaları bilinçlendirmeye çalışmaktadır [13].

Anlaşıldığı üzere yeşil bilişim, teknolojik ilerlemelerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza düşürmeyi amaçlayan sürdürülebilir bir yaklaşımdır. Yeşil bilişim yaklaşımı uygulandığı takdirde e-atıklar en aza indirilebilir, kaynaklar verimli kullanılabilir dolayısıyla enerji tasarrufu sağlanabilir. Günümüzde bilişim firmalarının üretim süreçlerinde doğa dostu üretim süreçlerini dikkate almaları umut vadedicidir ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakma noktasında önemlidir.

## 3 Yöntem

Bu başlık altında araştırmanın amacına, önemine, verilerine, analizlerine ve bulgularına yer verilmiştir.

### 3.1 Araştırmanın amacı ve önemi

Bu çalışmanın amacı Scopus veri tabanı üzerinden filtrelenerek elde edilen 2000-2024 yılları arasındaki yeşil bilişim konusunu içeren 6,532 makalenin bibliyometrik analizidir. Arama stratejisinin yalnızca "green computing" anahtar kelimesi üzerinden yürütülmüş olması çalışmanın metodolojik sınırlılığıdır. Ayrıca analizler, VOSviewer yazılımının standart fonksiyonlarıyla sınırlıdır ve ileri düzey bibliyometrik teknikler uygulanmamıştır. Bu nedenle elde edilen bulgular, seçilen sınırlı anahtar kelime ve kullanılan standart analiz araçları çerçevesinde değerlendirilmelidir. Yeşil bilişim alanında gerçekleştirilen böylesine bir bibliyometrik analiz çalışması araştırmacılara alandaki gelişmeleri daha yakından izlemeye fırsat verebilir bunun yanı sıra araştırma boşluklarının tespit edilmesine olanak sağlayabilir.

Öte yandan Türkiye'de dünyadaki yeşil bilişim alanındaki çalışmalara yönelik bir bibliyometrik analiz çalışmasına rastlanmaması araştırmanın hem özgünlüğünü hem de Türkçe litaratüre katkı sağlayacağını göstermektedir.

### 3.2 Araştırmanın verileri

Araştırmanın verileri 9 Nisan 2025 tarihinde Scopus veri tabanından elde edilmiştir. Scopus, bilimsel dergiler, kitaplar ve konferans bildirileri gibi hakemli literatürden oluşan özet ve atıf veri tabanıdır [14]. "Green Computing (Yeşil Bilişim)" anahtar kelime üzerinden 2000-2024 yılları arasını kapsayacak biçimde ilk arama gerçekleştirilmiştir ve 18,574 kaynağa erişilmiştir. Devamında yayın türü olarak yalnızca makaleler seçilmiş ve bu doğrultuda 7,095 makaleye ulaşılmıştır. Sonunda bilgisayar bilimleri, mühendislik, matematik, karar bilimleri,

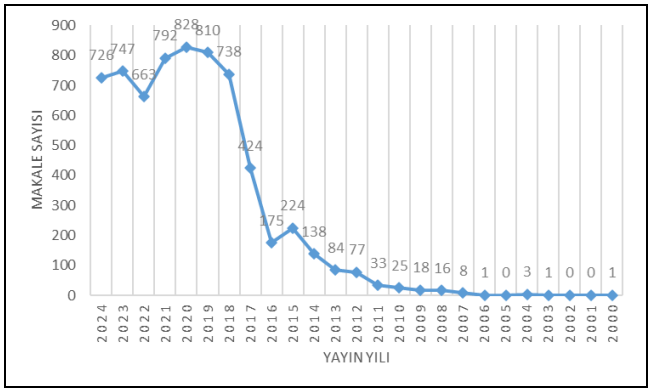
sosyal bilimler, işletme, yönetim ve muhasebe alanları filtlerenerek üçüncü bir arama yapılarak en çok bilgisayar bilimleri alanında (5,157) olmak üzere 6,532 makeleye ulaşılmıştır. Çalışma kapsamındaki tüm analizler 6,532 makale üzerinden gerçekleştirilmiştir.

### 3.3 Verilerin analizi ve bulgular

Araştırmaya ait verilerin analizleri ve elde edilen bulguları bu başlık altında sunulmuştur.

#### 3.3.1 Verilerin Scopus veri tabanındaki tanımlayıcı istatistikleri

Yeşil Bilişim ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.




Şekil 1. 2000-2024 yılları arasında yeşil bilişim ile ilgili makalelerin sayısı.

*Figure 1. Number of articles on green computing between 2000-2024.*

Yukarıda yer alan Şekil 1'de 2000-2024 yılları arasındaki yirmi dört yıllık dağılım sunulmuştur. Şekil 1'de son on yıllık zaman aralığı incelendiğinde 2024 yılında 726, 2023 yılında 747, 2022 yılında 663, 2021 yılında 792, 2020 yılında 828, 2019 yılında 810, 2018 yılında 738, 2017 yılında 424, 2016 yılında 175, 2015 yılında ise 224 makale yayınlandığı anlaşılmaktadır.

Yeşil Bilişim konusundaki makalelerin ülkelere göre dağılımı Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Yeşil bilişim ile ilgili makelerin ülkelere göre dağılımı.

*Table 1. Distribution of green computing related articles by countries.*

| Ülke | Makale Sayısı |
|---|---|
| Çin | 2,574 |
| Birleşik Devletler | 1,132 |
| Hindistan | 810 |
| Birleşik Krallık | 424 |
| Güney Kore | 309 |
| Avustralya | 294 |
| İran | 291 |
| Kanada | 291 |
| İtalya | 243 |
| İspanya | 234 |

Yukarı yer alan Tablo 1'de makalelerin ülkelere göre dağılımında ilk on ülkeye ait veriler sunulmuştur. Tablo 1 incelendiğinde ilk sırada 2,574 makale ile Çin'in ilk sırada yer aldığı onu 1,132 makale ile Birleşik Devletlerin takip ettiği görülmektedir.

Yeşil Bilişim konusundaki makalelerin yazım diline göre dağılımı Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Yeşil bilişim ile ilgili makalerin yazım diline göre dağılımı.

*Table 2. Distribution of green computing related articles according to writing language.*

| Yazım Dili | Makale Sayısı |
|---|---|
| İngilizce | 6,240 |
| Çince | 284 |
| İspanyolca | 3 |
| Portekizce | 3 |
| Japonca | 3 |
| Fransızca | 3 |
| Ukraynaca | 1 |
| Türkçe | 1 |
| Slovence | 1 |
| Romence | 1 |
| Moldovaca | 2 |

Tablo 2 incelendiğinde yazım dilinin yoğun bir biçimde 6,240 makale ile İngilizce olduğu görülmektedir. Onu 284 makale ile Çince takip etmektedir.

#### 3.3.2 Verilerin VOSviewer programı ile analiz edilmesi ve değerlendirilmesi

Bu aşamada araştırmanın verileri VOSviewer 1.6.20 programı kullanılarak görselleştirilmiştir. VOSviewer 2010 yılında Nees Jan van Eck ve Ludo Waltman (Leiden Üniversitesi) tarafından piyasaya sürülmüştür. Bu programdan, verilere dayalı ağ haritaları oluşturmak ve keşfetmek için faydalanılmaktadır. VOSviewer ile ortak yazarlık, atıf, ortak atıf bağlantıları ve bibliyografik bağlantı ve tekrar sıklığı analizleri gerçekleştirilebilmektedir. Analiz sonuçları ağ (network), katman (overlay) veya yoğunluk (density) olarak görselleştirilebilmektedir [15].

##### 3.3.2.1 Ortak yazarlık analizi

Yeşil bilişim temalı makalelerin ortak yazarlık analizi, en çok bağlantılı olan ve iş birliği yapan yazarları belirlemeye yönelik olarak yapılmıştır. Bu doğrultuda analiz türü olarak ortak yazarlık (co-authorship), analiz birimi yazarlar (authors) seçilmiş, en az 1 yayını ve en az 1 atıfı olan yazarlar koşulu sağlanarak (literatürdeki yaygın uygulamalara dayalı olarak) ağ haritası elde edilmiştir. Elde edilen ağ haritası Şekil 2'de sunulmuştur.

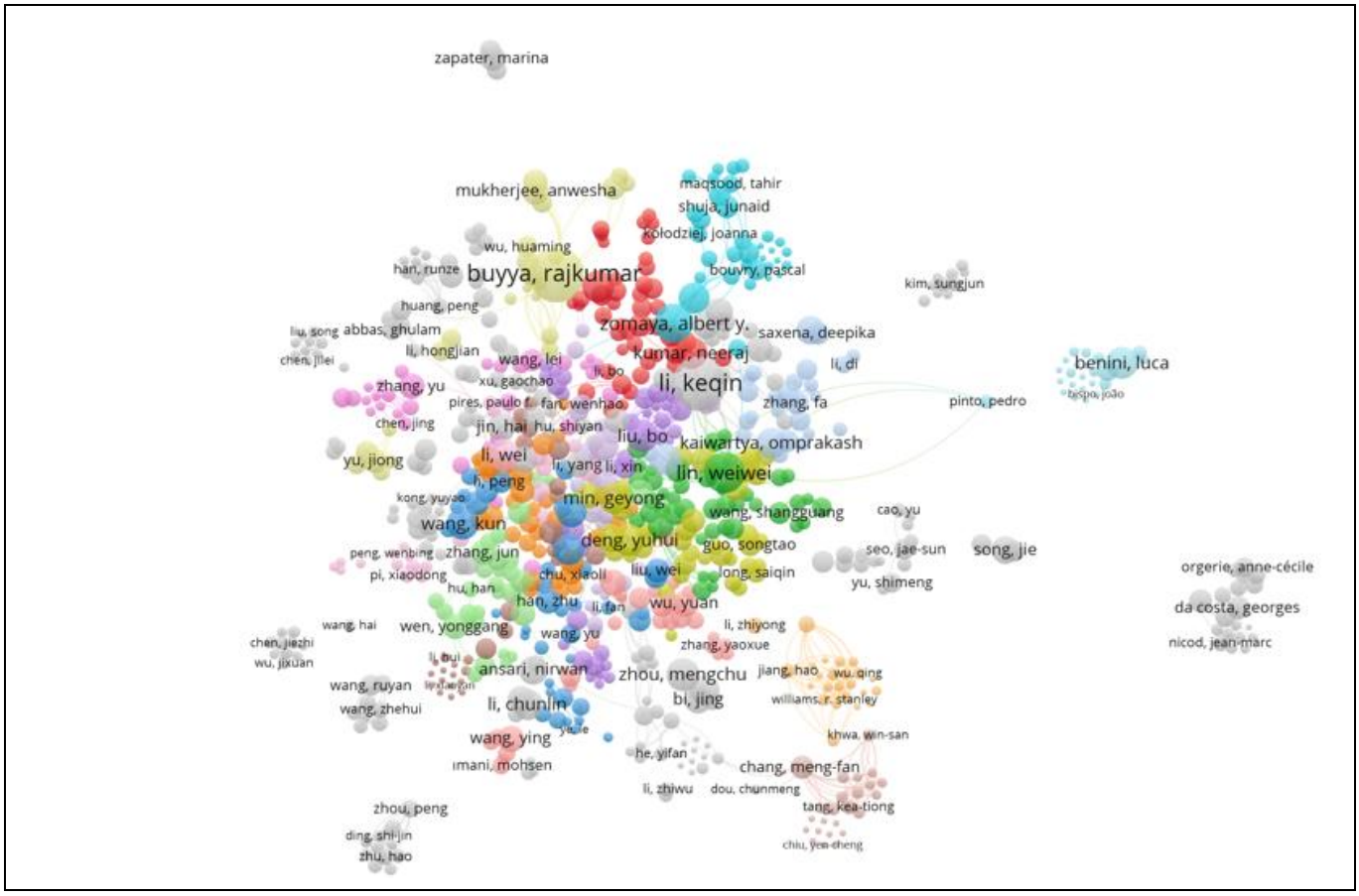
Şekil 2'de yer alan yazarlararası işbirliğini gösteren ortak yazar bağlarına göre aralarında en çok bağlantı bulunan 777 yazarın oluşturduğu 35 küme ve 3,433 bağlantı mevcuttur.

Aşağıda yer alan Tablo 3'te ortak yazarlık analizine göre en çok atıf alan on yazar listelenmiştir.

Tablo 3. Ortak yazarlık analizine göre en çok atıf alan yazarlar.

*Table 3. Most cited authors according to co-authorship analysis.*

| Sıra No | En Çok Atıf Alan On Yazar | Atıf Sayısı |
|---|---|---|
| 1 | Buyya, Rajkumar (55 Makale) | 3,727 |
| 2 | Zang, Jun (12 Makale) | 2,302 |
| 3 | Zomaya, Albert Y. (26 Makale) | 2,175 |
| 4 | Zhang, Yan (16 Makale) | 2,117 |
| 5 | Li, Keqin (53 Makale) | 1,968 |
| 6 | Maharjan, Sabita (7 Makale) | 1,747 |
| 7 | Wang, Kun (18 Makale) | 1,681 |
| 8 | Yang, J. Joshua (3 Makale) | 1,432 |
| 9 | Xu, Jie (9 Makale) | 1,381 |
| 10 | Kumar, Neeraj (18 Makale) | 1,363 |




Şekil 2. Yazarlararası işbirliğini gösteren ortak yazar bağları.

*Figure 2. Co-author links indicating co-operation between authors.*

Tablo 3 incelendiğinde ortak yazarlık analizine göre en çok atıf alan yazarın 3,727 atıf ile Buyya, Rajkumar olduğu, onu 2,302 atıf ile Zang, Jun'un takip ettiği tespit edilmiştir.

Aşağıda yer alan Tablo 4'te ise ortak yazarlık analizine göre en çok yayını olan on yazar listelenmiştir.

Tablo 4. Ortak yazarlık analizine göre en çok yayını olan yazarlar.

*Table 4. Authors with the most publications according to co-authorship analysis.*

| Sıra No | En Çok Yayını Olan On Yazar | Makale Sayısı |
|---|---|---|
| 1 | Buyya, Rajkumar (3,727 Atıf) | 55 |
| 2 | Li, Keqin (2,968 Atıf) | 53 |
| 3 | Lin, Weiwei (619 Atıf) | 30 |
| 4 | Zomaya, Albert Y. (2,175 Atıf) | 26 |
| 5 | Zhou, Mengchu (959 Atıf) | 20 |
| 6 | Wang, Kun (1,681 Atıf) | 18 |
| 7 | Kumar, Neeraj (1,363 Atıf) | 18 |
| 8 | Misra, Sudip (1,332 Atıf) | 18 |
| 9 | Guizani, Mohsen (989 Atıf) | 18 |
| 10 | Li, Wei (545 Atıf) | 18 |

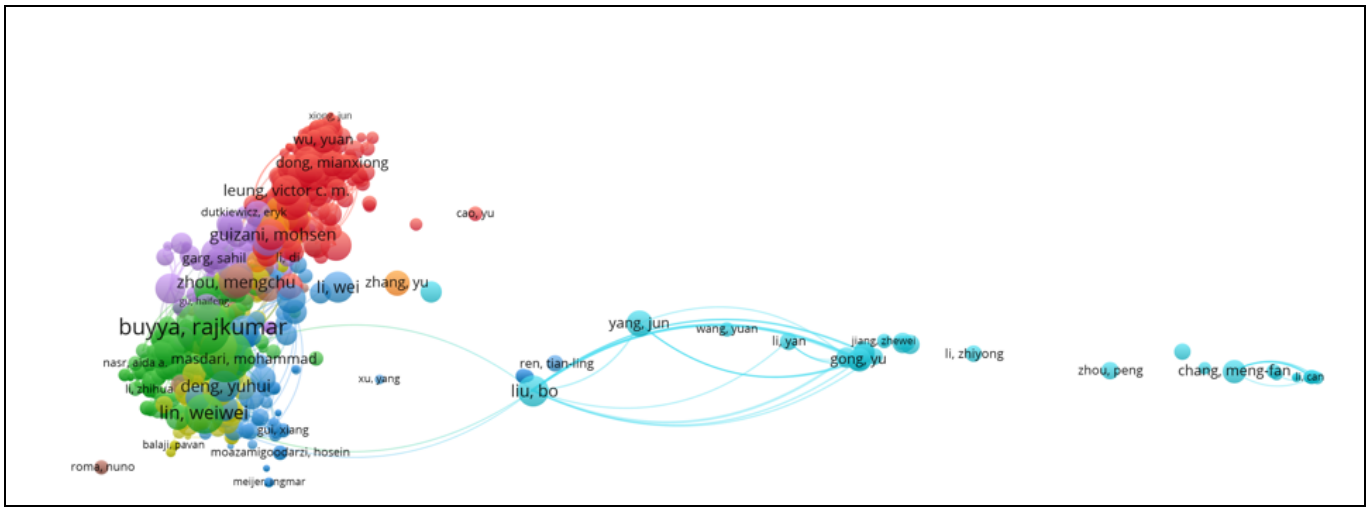
Tablo 4'e bakıldığında ortak yazarlık analizine göre en çok yayını olan yazarın 55 makale ile Buyya, Rajkumar olduğu onu 53 makale ile Li, Keqin'in izlediği görülmektedir. Ortak yazarlık analizi sonuçlarının verildiği Tablo 3 ve Tablo 4'te öne çıkan Buyya, Rajkumar'ın hem en üretken hem de en çok atıf alan yazar olması, bu alandaki liderliğini pekiştirmektedir. Bu durum, yeşil bilişim literatürünün büyük ölçüde belirli öncü araştırmacıların etrafında şekillendiğini göstermektedir.

#### 3.3.2.2 Yazarların atıf bağlantılarının analizi

Yeşil bilişim konusundaki makalelerin üzerinde atıf analizi gerçekleştirmek için, analiz türü olarak atıf analizi (citation), analiz birimi yazarlar (authors) seçilmiştir. Bu çerçevede, yazarların en az 1 yayını ve en az 1 atıfa sahip olmaları kriteriyle analiz işlemi gerçekleştirilmiş ve bir ağ haritası oluşturulmuştur. Yazarların atıf bağlantılarına yönelik elde edilen harita Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3'teki yazarların atıf ağlarına göre birbiriyle bağlantılı olduğu gözlemlenen 1000 birim üzerinden gerçekleştirilen analizde 8 küme, 27,903 bağlantı ve 39,053 toplam bağlantı gücü bulunmuştur. Yine Buyya, Rajkumar atıf bağları analinize göre birinciliği elde etmiştir.

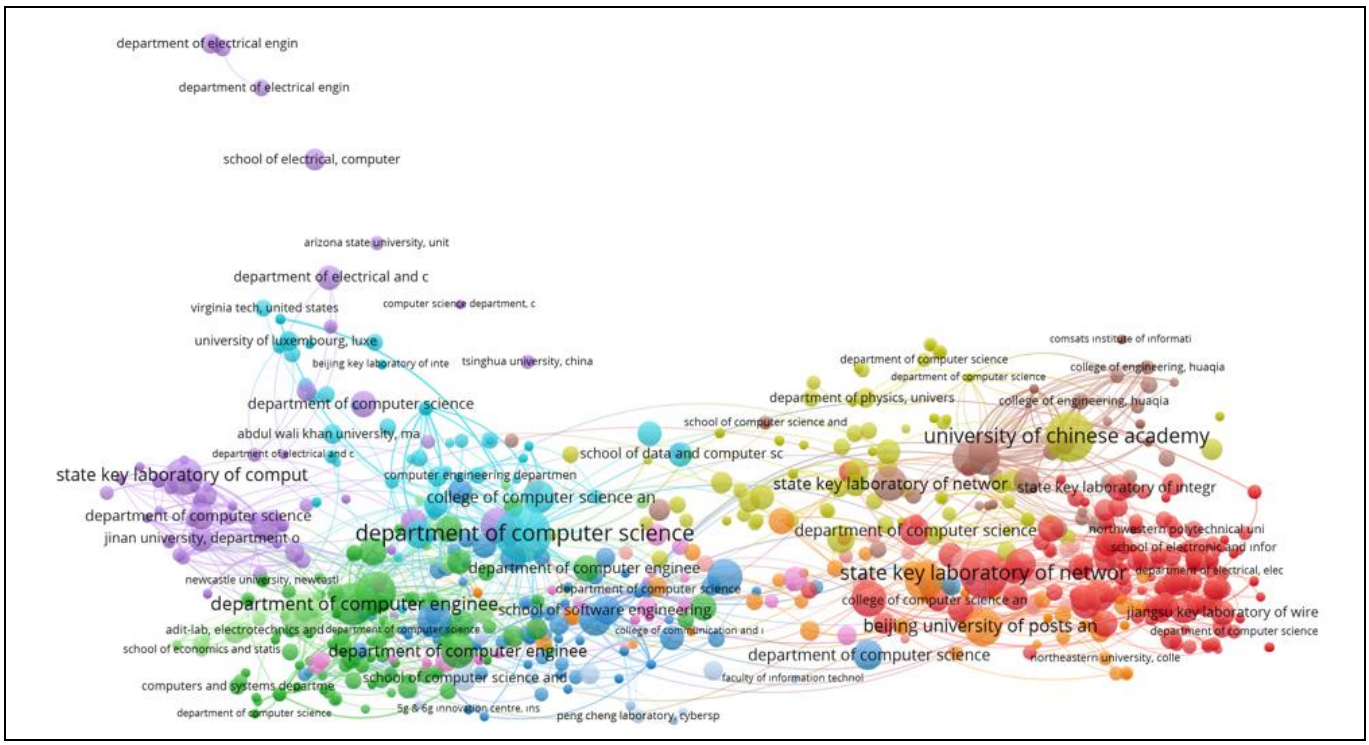
#### 3.3.2.3 Kurumların atıf bağlantılarının analizi

Yeşil bilişim alanındaki makaleleri ortaya çıkaran kurumların arasındaki atıf analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için, analiz türü olarak atıf analizi (citation), analiz birimi olarak kurumlar (organizations) belirlenmiştir. Kurumlar arası atıf ağlarını saptamak üzere, her kurumun en az 1 makale yayımlaması ve her kurumun en az 1 atıf alması şartıyla bir ağ haritası meydana getirilmiştir. Kurumların atıf bağlarına yönelik elde edilen harita Şekil 4'te verilmiştir.




Şekil 3. Yazarların atıf ağları.

*Figure 3. Citation links of the authors.*




Şekil 4. Kurumların atıf ağları.

*Figure 4. Citation links of the institutions.*

Şekil 4'te yer alan kurumların atıf ağları, kurumların atıf analizi 1000 gözlem birimi üzerinden incelenmiştir. Bu doğrultuda 12 küme, 13,332 bağlantı ve 15,098 toplam bağlantı gücü olduğu tespit edilmiştir. Yeşil bilişim konusundaki makaleleriyle en çok atıf alan kurumlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde kurum atıf analizine göre en çok atıf alan kurumun 1,995 atıf ile Google olduğu tespit edilirken, Çin'de bulunan Hong Kong Bilim ve Teknoloji Üniversitesinin (HKUST) 1,813 atıf ile ikinci sırada yer aldığı tespit edilmiştir.

Yeşil bilişim konusundaki makaleleriyle en çok yayını olan kurumlar Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6'da yer alan kurum atıf analizine göre en çok yayını olan kurum 32 makale ile Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan New York Eyalet Üniversitesi (SUNY) olurken onu Çin'deki Çin Bilimler Akademisi (UCAS) 25 makale ile izlemektedir. Bu sonuçlar, yeşil bilişim alanında yayın üretiminin büyük ölçüde ABD ve Çin merkezli kurumlarda yoğunlaştığını göstermekte olup küresel rekabetin iki ülke arasında şekillendiğine işaret etmektedir.

#### 3.3.2.4 Ülkelerin atıf bağlanlatılarının analizi

Yeşil bilişim konusunda yazılan makaleler kapsamında, ülkelerin arası atıf analizi için analiz türü olarak atıf analizi (citation), ülkeler (countries) ise analiz birimi olarak seçilmiştir. Ülkeler arası atıf ağlarının oluşturulması amacıyla, her bir ülkenin en az 2 makale yayımlaması ve en az 2 atıf alması koşuluyla bir ağ haritası meydana getirilmiştir. Ülkelerin atıf bağlarına ait elde edilen harita Şekil 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Kurum atıf analizine göre en çok atıf alan kurumlar.

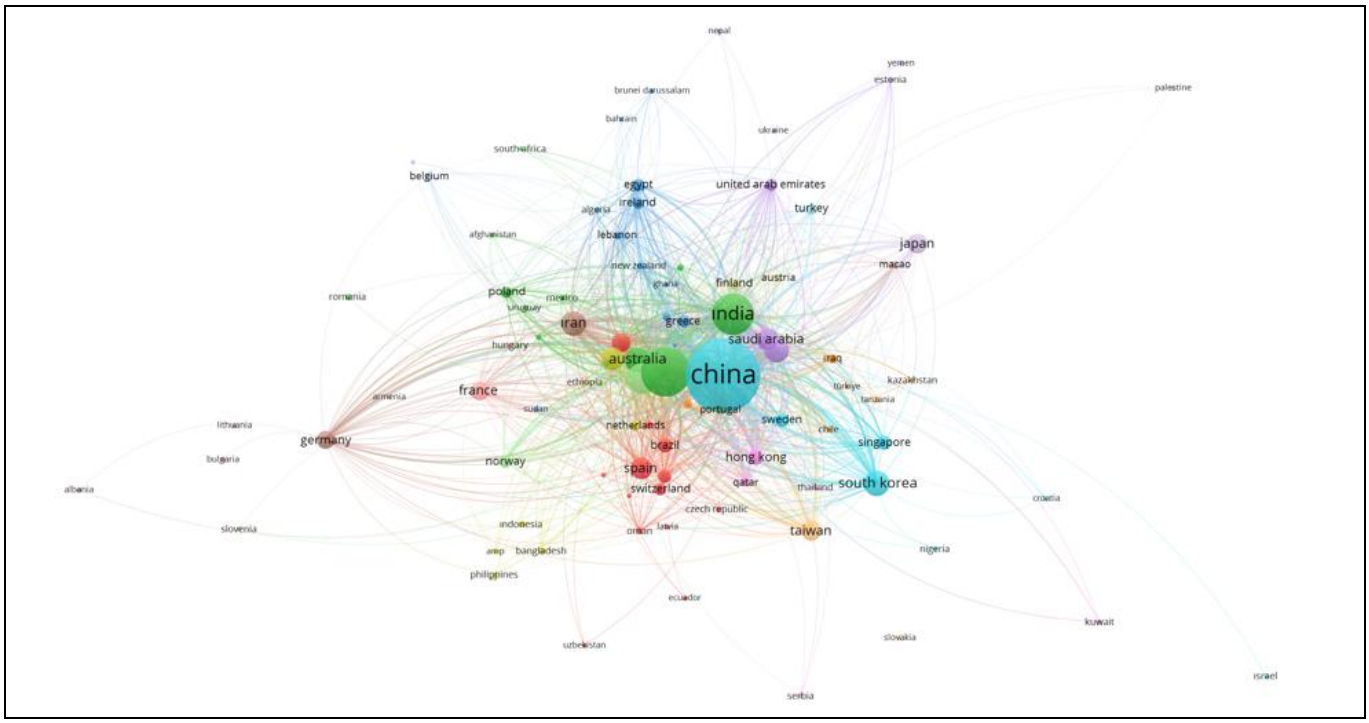
*Table 5. The most cited institutions according to institution citation analysis.*

| Sıra No | En Çok Atıf Alan On Kurum | Atıf Sayısı |
|---|---|---|
| 1 | Google (1 Makale) | 1,995 |
| 2 | Department of Electronic And Computer Engineering, Hong Kong University Of Science And Technology (2 Makale) | 1,813 |
| 3 | Hamad Bin Khalifa University, Doha, Qatar (2 Makale) | 1,559 |
| 4 | Department Of Computer Science, State University of New York (32 Makale) | 1,512 |
| 5 | Department Of Electrical And Computer Engineering, University Of Massachusetts (3 Makale) | 1,432 |
| 6 | Hewlett Packard Labs, Hewlett Packard Enterprise (2 Makale) | 1,258 |
| 7 | State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University (10 Makale) | 1,218 |
| 8 | School Of Computer And Software, Nanjing University of Information Science And Technology ( 12 Makale) | 1,176 |
| 9 | Jiangsu Engineering Center of Network Monitoring, Nanjing University of Information Science And Technology (9 Makale) | 1,152 |
| 10 | Air Force Research Laboratory, Information Direct, Rome (1 Makale) | 985 |

Tablo 6. Kurum atıf analizine göre en çok yayını olan kurumlar.

*Table 6. Institutions with the most publications according to institution citation analysis.*

| Sıra No | En Çok Yayını Olan On Kurum | Makale Sayısı |
|---|---|---|
| 1 | Department of Computer Science, State University of New York (1,512 Atıf) | 32 |
| 2 | University of Chinese Academy of Sciences, Beijing (791 Atıf) | 25 |
| 3 | State Key Laboratory of Networking And Switching Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications (780 Atıf) | 24 |
| 4 | Department of Computer Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University (403 Atıf) | 18 |
| 5 | Department of Computer Engineering, Sharif University of Technology (288 Atıf) | 18 |
| 6 | School of Computer Science And Engineering, South China University of Technology (745 Atıf) | 17 |
| 7 | School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts And Telecommunications (189 Atıf) | 15 |
| 8 | Beijing University of Posts And Telecommunications, State Key Laboratory of Networking and Switching Technology (194 Atıf) | 14 |
| 9 | State Key Laboratory of Computer Architecture, Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences (141 Atıf) | 14 |
| 10 | Department of Electrical and Computer Engineering, University of British Columbia (982 Makale) | 13 |




Şekil 5. Ülkelerin atıf ağları.

*Figure 5. Citation networks of countries.*

Ülkelerin atıf analizi belirlenen koşul ile incelendiğinde 93 ülke analiz edilmiştir ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlarda 17 küme, 1,266 bağlantı ve 22,422 toplam bağlantı gücü saptanmıştır. Yeşil bilişim ile ilgili makaleleriyle en çok atıf alan ülkeler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Ülkeler atıf analizine göre en çok atıf alan ülkeler.

*Table 7. Countries with the most citations according to citation analysis.*

| Sıra No | En Çok Atıf Alan On Ülke | Atıf Sayısı |
|---|---|---|
| 1 | Çin (2,581 Makale) | 76,368 |
| 2 | Birleşik Devletler (1,134 Makale) | 45,942 |
| 3 | Birleşik Krallık (425 Makale) | 17,717 |
| 4 | Hindistan (822 Makale) | 16,556 |
| 5 | Avustralya (295 Makale) | 13,837 |
| 6 | Kanada (291 Makale) | 12,069 |
| 7 | İtalya (244 Makale) | 8,588 |
| 8 | İran (291 Makale) | 7,835 |
| 9 | Güney Kore (309 Makale) | 7,566 |
| 10 | Hong Kong (108 Makale) | 7,376 |

Tablo 7'de yer alan ülkeler atıf analizine göre en çok atıf alan ülke 76,368 atıf ile Çin olurken, 45,942 atıf ile Birleşik Devletler onu takip etmektedir.

Yeşil bilişim ile ilgili makaleleriyle en çok yayını olan ülkeler Tablo 8'de verilmiştir. Tablo 8'de bulunan ülkelerin atıf analizine göre en çok yayını olan ülke 2,581 yayın ile Çin olurken onu 1,134 makale ile Birleşik Devletler izlemiştir.

#### 3.3.2.5 Yayın kaynaklarının atıf bağlanlatıları analizi

Yeşil bilişim konu üzerine yapılan makalelerde, atıf analizi gerçekleştirmek üzere analiz türü olarak atıf analizi (citation) analiz birimi olarak bu kez kaynaklar (sources) seçilmiştir.

Tablo 8. Ülkeler atıf analizine göre en çok yayını olan ülkeler.

*Table 8. Countries with the most publications according to citation analysis.*

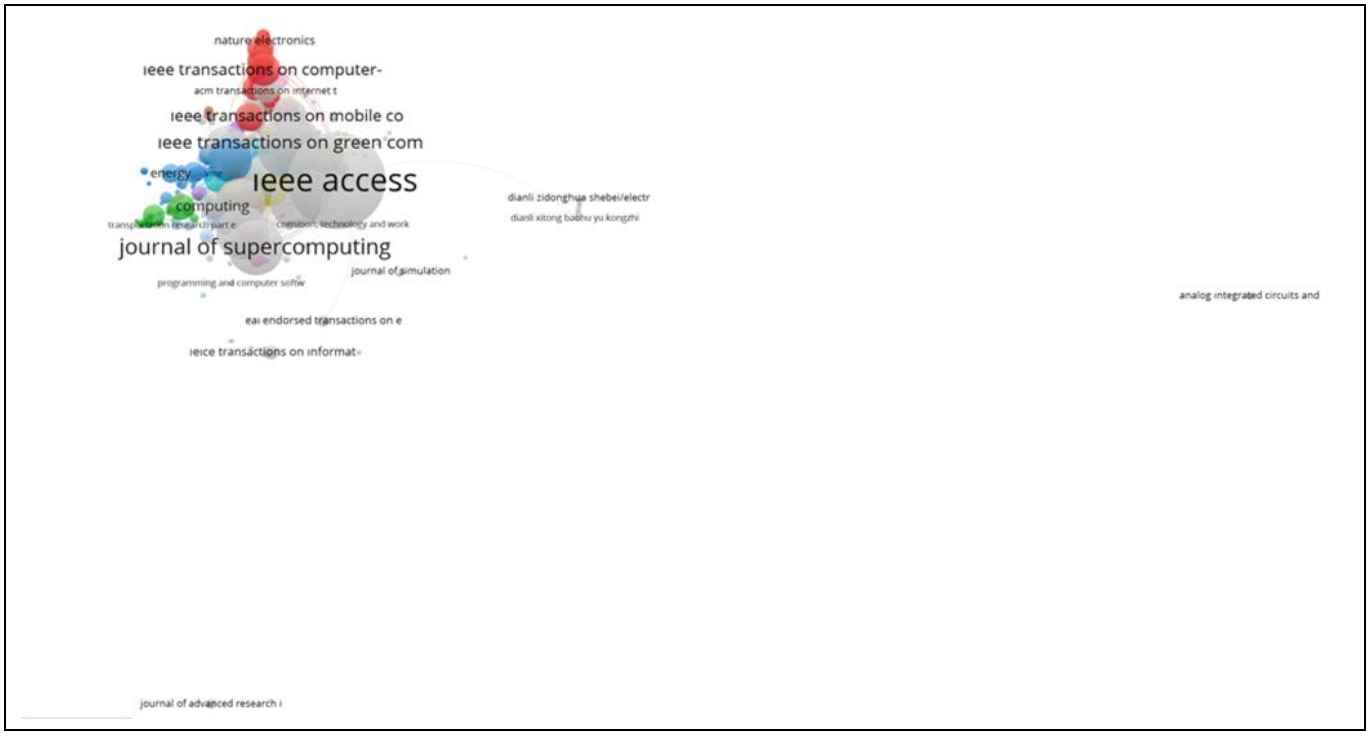
| Sıra No | En Çok Yayını Olan On Ülke | Makale Sayısı |
|---|---|---|
| 1 | Çin (76,368 Atıf) | 2,581 |
| 2 | Birleşik Devletler (45,942 Atıf) | 1,134 |
| 3 | Hindistan (16,556 Atıf) | 822 |
| 4 | Birleşik Krallık (16,717 Atıf) | 425 |
| 5 | Güney Kore (7,566 Atıf) | 309 |
| 6 | Avustralya (13,837 Atıf) | 295 |
| 7 | Kanada (12,069 Atıf) | 291 |
| 8 | İran (7,835 Atıf) | 291 |
| 9 | İtalya (8,588 Atıf) | 244 |
| 10 | İspanya (4,558 Atıf) | 234 |

Kaynakların atıf ağlarının ortaya çıkarılması için, her bir kaynağın en az 1 makale yayımlaması ve en az 1 atıf alması şartıyla bir ağ haritası çizilmiştir. Şekil 6'da kaynakların atıf bağlarından elde edilen harita gösterilmiştir.

Şekil 6'daki yayın kaynaklarının atıf ağlarına göre, kaynakların atıf analizi için 547 gözlem birimi analiz edilmiştir. Bu kapsamda 44 küme, 3,439 bağlantı ve 8,496 toplam bağlantı gücü belirlenmiştir. Yeşil bilişim konusundaki yayınların kaynaklarının atıf analizine göre en çok atıf alan dergiler Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9'da sunulan bilgilerden yayın kaynaklarının atıf analizine göre en çok atıf alan derginin 12,876 atıf ile Ieee Access olduğu, 11,534 atıf ile Ieee Internet of Things Journal ikinci en çok atıf alan dergi olduğu belirlenmektedir.

Yeşil bilişim kapsamında kaynakların atıf analizine göre çok makalesi olan dergiler Tablo 10'da yer almaktadır.




Şekil 6. Yayın kaynaklarının atıf ağları.

*Figure 6. Citation networks of publication sources.*

Tablo 9. Kaynakların atıf analizine göre en çok atıf alan dergiler.

*Table 9. The most cited journals according to citation analysis of sources.*

| Sıra No | En Çok Atıf Alan On Dergi | Atıf Sayısı |
|---|---|---|
| 1 | Ieee Access (478 Makale) | 12,876 |
| 2 | Ieee Internet of Things Journal (208 Makale) | 11,534 |
| 3 | Future Generation Computer Systems (132 Makale) | 6,603 |
| 4 | Ieee Transactions on Vehicular Technology (76 Makale) | 5,164 |
| 5 | Ieee Transactions on Industrial Informatics (51 Makale) | 4,127 |
| 6 | Journal of Supercomputing (157 Makale) | 3,600 |
| 7 | Ieee Tarnsactions on Cloud Computing (89 Makale) | 3,526 |
| 8 | Nature Electronics (13 Makale) | 3,439 |
| 9 | Cluster Computing (143 Makale) | 3,392 |
| 10 | Ieee Transactions on Parallel and Distributed Systems (73 Makale) | 3,042 |

Tablo 10. Kaynakların atıf analizine göre en çok makalesi olan dergiler.

*Table 10. Journals with the most articles according to citation analysis of sources.*

| Sıra No | En Çok Makale Yayınlanan On Dergi | Makale Sayısı |
|---|---|---|
| 1 | Ieee Access (12,876 Atıf) | 478 |
| 2 | Ieee Internet of Things Journal (11.534 Atıf) | 208 |
| 3 | Journal of Supercomputing (3,600 Atıf) | 157 |
| 4 | Cluster Computing (3,392 Atıf) | 143 |
| 5 | Future Generation Computer Systems (6,603 Atıf) | 132 |
| 6 | Sustainable Computing: Informatics and Systems (2,973 Atıf) | 124 |
| 7 | Energies (1,844 Atıf) | 99 |
| 8 | Ieee Transactions on Sustainable Computing (1,666 Atıf) | 96 |
| 9 | Ieee Transactions on Green Communications and Networking (2,148 Atıf) | 90 |
| 10 | Ieee Tarnsactions on Cloud Computing (3,526 Atıf) | 89 |

Tablo 10 incelendiğinde kaynakların atıf analizine göre en çok makalesi olan iki derginin de benzer şekilde sırasıyla 478 makale ile Ieee Access ve 208 makale ile Ieee Internet of Things Journal dergisi olduğu görülmektedir. Elde edilen bu bulgular, Ieee Access ve Ieee Internet of Things Journal dergilerinin alanın bilimsel üretiminde öncülük ettiğini ortaya koymaktadır.

#### 3.3.2.6 Ortak atıf yapılan yazarlar arasındaki bağlanlatıların analizi

Yeşil bilişim yayınlarında atıf yapılan yazarlar üzerinde ortak atıf analizi yapmak amacıyla, analiz türü olarak ortak atıf (co-citation), analiz birimi olarak atıf yapılan yazarlar (cited sources) seçilmiştir. Ortak atıf ile bireysel bir makalede atıf yapılan farklı kaynaklar kastedilmektedir. Yazarların ortak atıf ağlarının keşfedilmesi için atıf sayısının en az 20 olması şartı ile ağ haritası meydana getirilmiştir. Yazarların ortak atıf bağlarına yönelik elde edilen harita Şekil 7'deki gibidir.

Şekil 7'de yer alan ortak atıf yapılan yazarlar analizi için 1,000 gözlem birimi incelenmiştir. 4 küme, 440,514 bağlantı ve 10,098,214 bağlantı toplam gücü olduğu saptanmıştır. Yeşil bilişim konulu makalelerde en çok ortak atıf yapılan yazarlar Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Ortak atıf analizine aöre en çok atıf alan yazarlar.

*Table 11. Most cited authors according to co-citation analysis.*

| Sıra No | En Çok Atıf Alan On Yazar | Atıf Sayısı |
|---|---|---|
| 1 | Buyya R. | 4,117 |
| 2 | Zhang Y. | 2,979 |
| 3 | Wang X. | 2,548 |
| 4 | Zhang J. | 2,498 |
| 5 | Wang Y. | 2,405 |
| 6 | Li Y. | 2,106 |
| 7 | Beloglazov A. | 1,834 |
| 8 | Li J. | 1,823 |
| 9 | Li K. | 1,809 |
| 10 | Liu Y. | 1,772 |

Tablo 11 incelendiğinde analiz sonucuna göre en çok ortak atıf yapılan yazar 4,117 atıfla Buyya R. olurken, onu 2,979 atıfla Zhang Y. takip etmektedir.

#### 3.3.2.7 Yazarların bibliyografik eşleşme bağlantıların analizi

Yeşil bilişim alanında yazarların bibliyografik eşleşme bağlarının belirlenmesine yönelik yapılan analizde, analiz türü olarak bibliyografik eşleşme, analiz birimi olarak ise yazarlar (authors) seçiltirmiştir. Her yazarın en az 2 makale yayımlamış ve en az 2 atıf almış olması koşulu sağlanarak bir ağ haritası elde edilmiştir. Yazarların bibliyografik eşleşme bağlantılarına ait ağ görselleştirmesi Şekil 8'de verilmiştir.

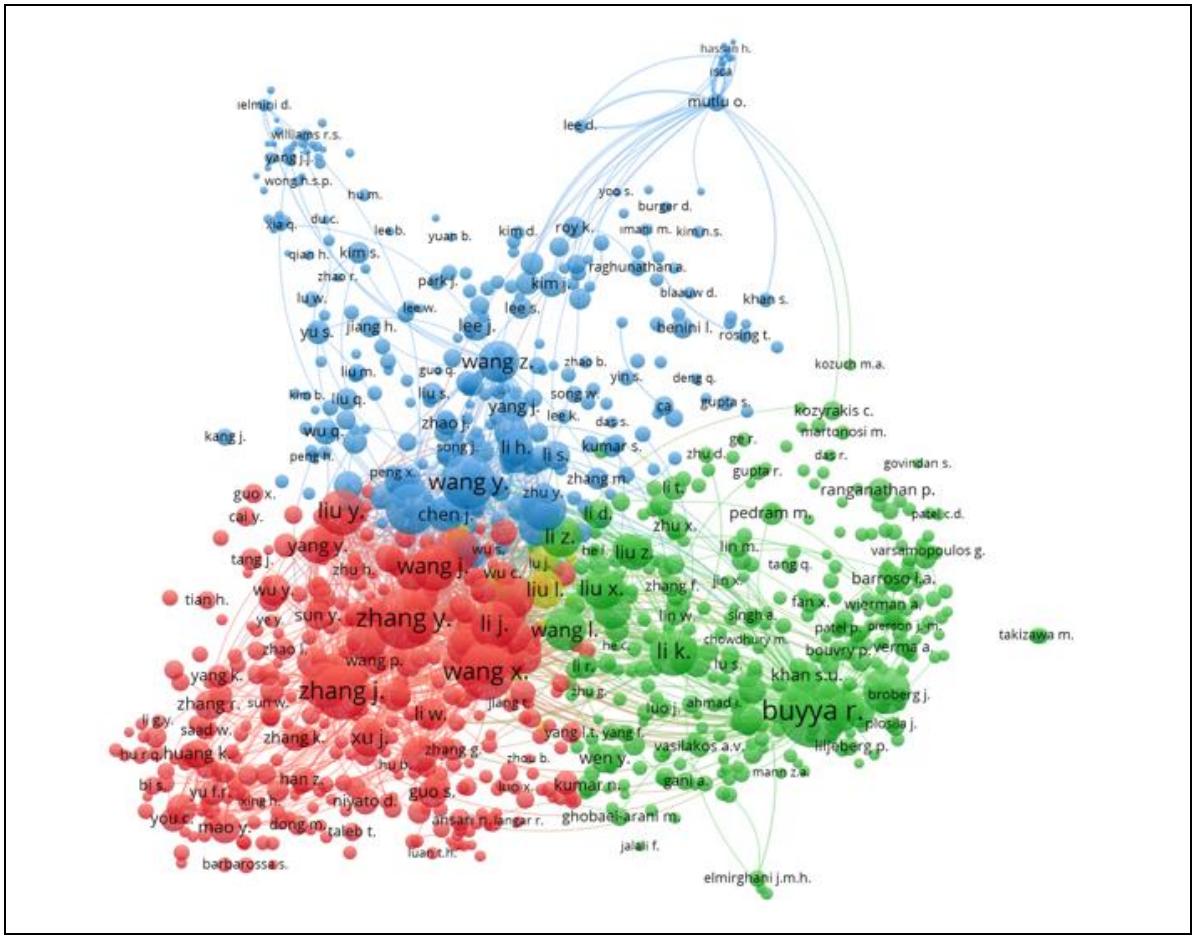
Şekil 8'deki yazarların bibliyografik eşleşme analizi için 1,000 gözlem birimi incelenmiştir. 5 küme, 337,709 bağlantı ve 2,537,892 toplam bağlantı gücü gözlemlenmiştir. Yeşil bilişim konusu ile ilgili çalışmlalarda en çok bibliyografik eşleşme olan yazarlar Tablo 12'deki gibidir.

Tablo 12. Bibliyografik bağlantı analizine göre en çok bibliyografik eşleşme olan yazarlar.

*Table 12. Authors with the most bibliographic matches according to bibliographic link analysis.*

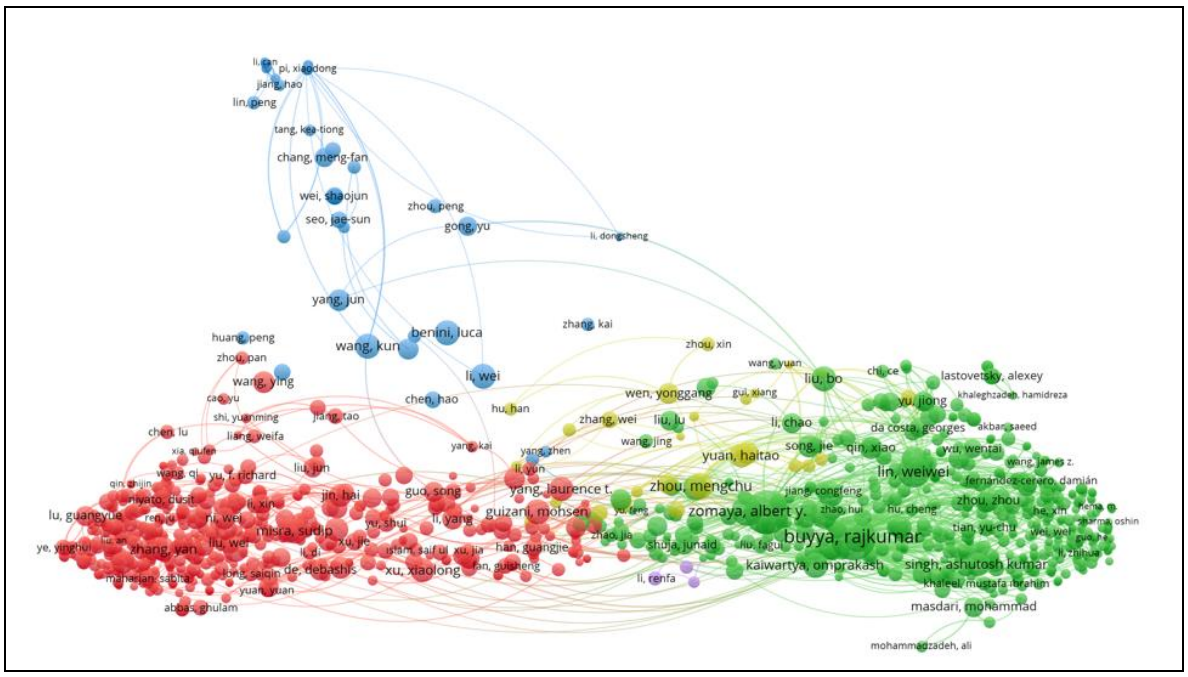
| Sıra No | En Çok Bibliyografik Eşleşme Olan On Yazar | Bağlantı Gücü | Atıf Sayısı |
|---|---|---|---|
| 1 | Buyya, Rajkumar (55 Makale) | 65,361 | 3,727 |
| 2 | Zhang, Jun (12 Makale) | 13,007 | 2,302 |
| 3 | Zomaya, Albert Y. (26 Makale) | 19,792 | 2,175 |
| 4 | Zhang, Yan (16 Makale) | 11,021 | 2,117 |
| 5 | Li, Keqin (53 Makale) | 57,772 | 1,968 |
| 6 | Letaief, Khaled B. (2 Makale) | 3,411 | 1,846 |
| 7 | Maharjan, Sabita (7 Makale) | 8,741 | 1,747 |
| 8 | Wang, Kun (18 Makale) | 7,988 | 1,681 |
| 9 | Yang, J. Joshua (3 Makale) | 2,614 | 1,432 |
| 10 | Xu, Jie (9 Makale) | 16,770 | 1,381 |

Tablo 12'ye bakıldığında, yeşil bilişim çalışmalarında bibliyografik bağlantı analizi sonucunda en yüksek atıf sayısına 3,727 ile Buyya, Rajkumar'ın sahip olduğu, Xu, Jie. ise 1,381 atıfla en düşük atıf sayısına sahip olduğu anlaşılmaktadır.




Şekil 7. Ortak atıf yapılan yazarlar arası bağlar.

*Figure 7. Links between co-authors who are co-cited.*




Şekil 8. Yazarların bibliyografik eşleşme bağları.

*Figure 8. Bibliographic matching links of authors.*

Buyya'nın yalnızca yayın sayısı açısından değil, aynı zamanda literatürdeki diğer çalışmalarla kurduğu bibliyografik bağlantılar açısından da merkezi bir konumda olması dikkat çekmektedir. Özellikle bağlantı gücü değerlerinin yüksekliği, Buyya'nın eserlerinin alandaki entelektüel ağı şekillendirdiğini ve diğer araştırmaların sıklıkla onun çalışmalarına referansla konumlandığını işaret etmektedir.

#### 3.3.2.8 En sık kullanılan anahtar kelime bağlantılarının analizi

Yeşil bilişim konusu ele alan makalelerde anahtar kelime tekrar sıklığını incelemek için, analiz türü olarak birlikte geçme (co-occurrence), analiz birimi olarak yazarların anahtar kelimeleri seçilmiştir. Anahtar kelimelerin tekrar sıklığının tespiti için en az 3 kez geçmesi koşuluna uygun bir ağ görselleştirmesi oluşturulmuştur. En sık kullanılan anahtar kelime bağlantılarına ilişkin harita, Şekil 9'da gösterilmiştir.

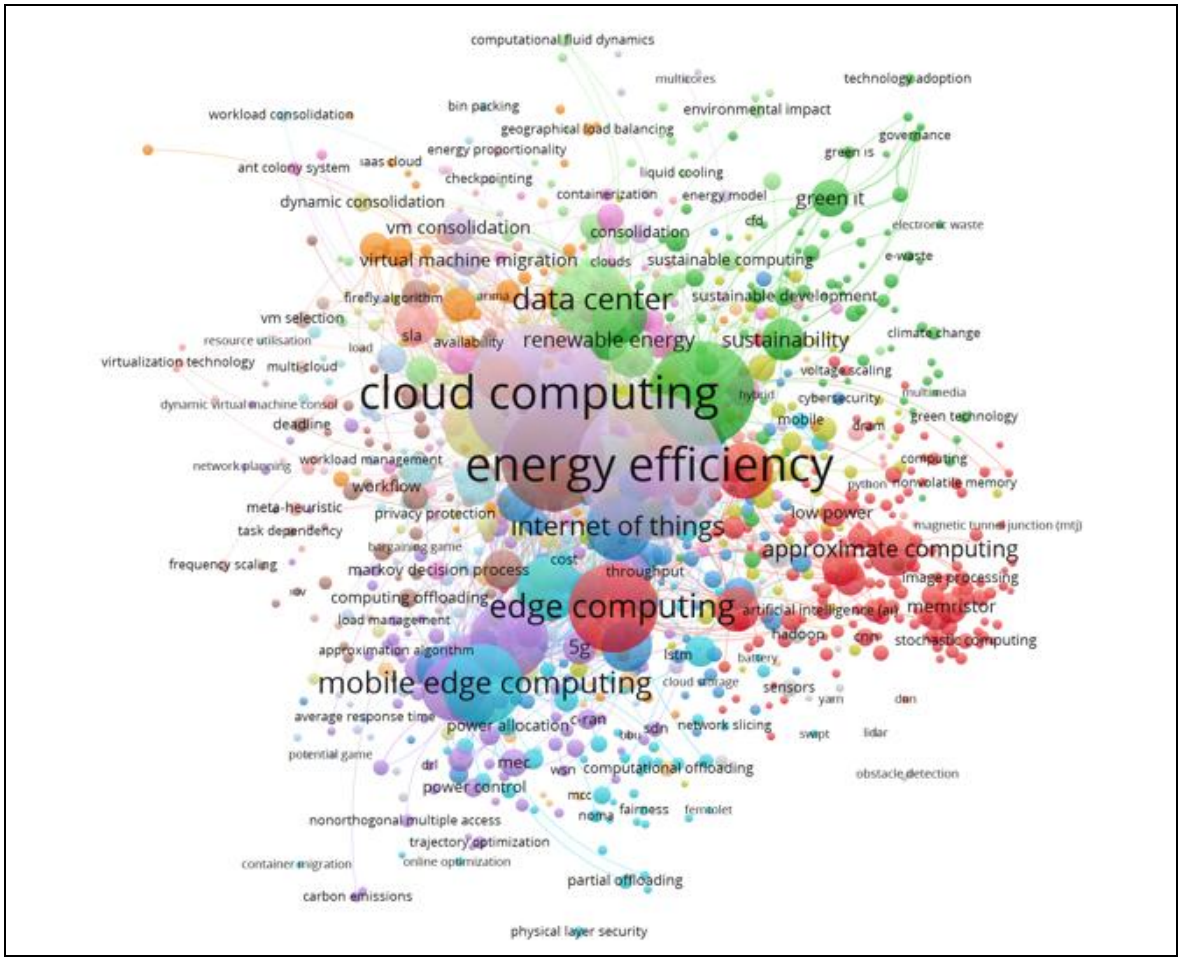
Şekil 9'da yer alan anahtar kelimelerin tekrar sıklığı analizine göre en az 3 kez tekrar eden 1,000 gözlem birimi analiz edilmiştir. 21 küme, 13,581 bağlantı ve 23,904 toplam bağlantı gücü belirlenmiştir. Aşağıda bulunan Tablo 13'te yeşil bilişim konusuna yönelik makalelerde en sık kullanılan anahtar kelimeler sunulmuştur.

Tablo 13 incelendiğinde yeşil bilişim konulu makalelerde en sık tekrar eden anahtar kelimelerin başında 973 tekrar ile enerji verimliliği (energy Efficiency), 910 tekrar ile bulut bilişim (cloud computing) ve 503 tekrar ile yeşil bilişim (green computing) geldiği anlaşılmaktadır. Anahtar kelime analizinde enerji verimliliği ve bulut bilişim kavramlarının ön planda olması, yeşil bilişim çalışmalarının çevre dostu altyapılar ve hizmet tabanlı çözümlerle güçlü bir şekilde bağlantılı olduğunu göstermektedir.

Tablo 13. *Yeşil bilişim konulu makalelerde en sık kullanılan anahtar kelimeler.*

*Table 13. The most frequently used keywords in articles on green computing.*

| Sıra No | En Çok Kullanılan On Anahtar Kelime | Tekrar Sıklığı |
|---|---|---|
| 1 | Energy Efficiency (Enerji Verimliliği) | 973 |
| 2 | Cloud Computing (Bulut Bilişim) | 910 |
| 3 | Green Computing (Yeşil Bilişim) | 503 |
| 4 | Energy Comsumption (Enerji Tüketimi) | 489 |
| 5 | Edge Computing (Uç Bilişim) | 358 |
| 6 | Mobile Edge Computing (Mobil Uç Bilişim) | 294 |
| 7 | Data Center (Veri Merkezi) | 293 |
| 8 | Resource Allocation (Kaynak Tahsisi) | 275 |
| 9 | Internet of Things (Nesnelerin İnterneti) | 203 |
| 10 | Fog Computing (Sis Bilişim) | 191 |




Şekil 9. En sık kullanılan anahtar kelime bağları.

*Figure 9. The most frequently used keyword links.*

## 4 Sonuçlar

Bu çalışmada, bilişim ve iletişim teknolojilerinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik uygulama ve stratejileri kapsayan yeşil bilişim (green computing) konusunu ele almış dünyadaki çalışmaların bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. 2000-2024 yılları arasında Scopus veri tabanından ulaşılan 6,532 makale, VOSviewer yazılımı aracığıyla incelenmiştir. Yeşil bilişim konusu üzerinde yapılmış çalışmaların öncelikle yıllara, ülkelere ve yazılım diline göre dağılımları sunulmuş, daha sonra yazarların, kurumların, ülkelerin, yayın kaynaklarının ve buna benzer atıf bağlantılarının analizi ile yeşil bilişim çalışmalarında önde gelen yazarlar, kurumlar, ülkeler ve dergiler ortaya konulmuştur.

Yeşil bilişim konusunun 2000-2024 yılları arasında yayınlanan makale sayısı incelendiğinde 2016 ila 2020 yılları arasında gözle görülür bir artış yaşandığı ve 828 makale ile 2020 yılında en çok makale yayınlandığı görülmektedir. 792 makale ile 2021 yılı onu takip etmiştir. Bu yıllar arasında çok en bilgisayar bilimleri alanında (5,157 makale) çalışmalar yapıldığı ve yazım dilinin önemli bir fark ile İngilizce (6,240 makale) olduğu tespit edilmiştir.

Yeşil bilişim konusundaki çalışmalarda 2,574 makale ile Çin'in lider olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç Purnomo ve diğ., Angelika ve diğ., Verma ve Singh, Paul ve diğ. tarafından yapılan çalışmaların sonuçları ile örtüşmektedir [7],[2],[9],[4]. Ancak Chandani ve diğ. tarafından yapılan çalışma sonuçlarıyla farklılaşmaktadır ki onlar önde gelen ülkenin Hindistan olduğunu belirtmiştir [5]. Çin'den sonra önde gelen ülkeler 1,132 makale ile Birleşik Devletler, 810 makale ile Hindistan olmuştur. Her bir ülkenin en az iki makale yayımyalaması ve en az iki atıf alması koşulu ile yapılan ülkelerin atıf analizine göre en çok atıf alan ülke yine Çin (76,368 atıf) olurken onu Birleşik Devletler (45,942 atıf) takip etmiştir. Çin'in genel olarak bu alandaki liderliği bilimsel literatürü şekillendirme gücüne sahip olduğunu gösterirken çevre dostu teknolojilere yönelik araştırma kapasitelerinin yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Ortak yazarlık analizine göre alana en çok katkı sağlayan bir başka deyişle en üretken yazarın (55 makale ile) R. Buyya olduğu aynı zamanda en çok atıf alan yazarın da yine (3,727 atıf ile) R. Buyya olduğu saptanmıştır. Elde edilen bu sonuç Purnomo ve diğ. çalışma sonuçlarıyla benzerdir [7]. Buyya'dan sonra en çok yayını olan yazarın (53 makale ile) Keqin Li olduğu, en çok atıf alan yazarın ise (2,302 atıf ile) Jun Zang olduğu sonucuna varılmıştır. En az 20 atıf olması koşulu ile gerçekleştirilen ortak atıf yapılan yazarlar analizine göre ise en çok atıf alan yazarın yine 4,117 atıf ile R. Buyya olduğu onu 2,979 atıf ile Y. Zhang'ın takip ettiği tespit edilmiştir. Her yazarın en az iki makale yayımlaması ve en az iki atıf alması şartına bağlı olarak yapılan bibliyografik eşleşme bağlantılarının sonuçlarında ise en çok bibliyografik eşlemeye sahip olan yazarların sırasıyla (3,727 atıf ile) R. Buyya olduğu ardından (1,381 atıf ile) J. Xu olduğu saptanmıştır.

Yeşil bilişim alanıyla ilgili çalışmalarda en çok yayına sahip derginin araştırılmasında en az bir makale yayımlanması ve en az bir atıf alması koşuluna göre analiz yapılmıştır. Bu doğrultuda yayın kaynaklarının atıf analizine göre hem en çok makaleye sahip dergi (478 makale ile) hem de en çok atıf alan dergi (12,876 atıf ile) Ieee Access olmuştur. Ulaşılan bu sonuç Purnomo ve diğ. en önemli yayınlanma mecrası olarak gösterdikleri sonuç ile örtüşmektedir. Yeşil bilişim alanında en üretken derginin Ieee Access olması, bu derginin ilgili alanda çalışma yapacak araştırmacılar için kapsamlı ve güncel bir bilgi kaynağı sağladığını göstermektedir [7]. Yayın kaynaklarının atıf analizine göre en çok makaleye ve atıfa sahip olan ikinci dergi ise 208 makale ve 11,534 atıf ile Ieee Internet of Things Journal olmuştur.

Bu alandaki en üretken kurum en az bir makale yayımlanması ve en az bir atıf alması şartı ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda kurum atıf analizine göre en çok yayını olan kurumun (32 makale ile) Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan New York Eyalet Üniversitesi (SUNY) olmuştur. Bu sonucun Purnomo ve diğ. bulduğu en aktif kurum Çin Bilimler Akademisi (UCAS) sonucu ile farklılık göstermektedir [7]. Çin Bilimler Akademisi bu çalışmanın sonuçlarında 25 makale ile ikinci sırada yer almıştır. Öte yandan kurum atıf analizine göre en çok atıf alan kurumun (1,995 atıf ile) Google olduğu, ardından Çin'de bulunan Hong Kong Bilim ve Teknoloji Üniversitesinin (1,813 atıf ile) yer aldığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ABD'nin ve Çin'in liderliğini ortaya koyarken her iki ülkenin de yeşil bilişim alanına verdiği önemin bir yansıması olarak gösterilebilir.

Yeşil bilişim konusu ile ilgili makalelerde en sık kullanılan anahtar kelimeler en az 3 kez tekrar koşuluna göre analiz edildiğinde enerji verimliliği (energy efficiency, 973 tekrar ile), bulut bilişim (cloud computing, 910 tekrar ile) ve yeşil bilişim (green computing, 503 tekrar ile) kelimelerinin öne çıktığı sonucuna varılmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, yeşil bilişim konusunun gelişimine yönelik genel bir çerçeve sunmaktadır. Özellikle sonuçların önceki çalışmalarla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi, alandaki benzerlik ve farklılıkların ortaya konmasına olanak tanımakta ve çalışma bu yönüyle literatüre katkı sağlamaktadır. Ayrıca, çalışmanın Türkçe olarak hazırlanmış olması, yeşil bilişim temalı yerel literatürün zenginleşmesine katkı sunmasının yanı sıra konuya Türkçe kaynaklardan erişmek isteyen araştırmacılar için önemli bir referans niteliği taşımaktadır. Analizlerin yıl, yazar, kurum, ülke ve yayın kaynakları yönünden detaylı bir şekilde analiz edilmesi yeşil bilişim alanındaki bilimsel üretimin zaman içindeki gelişimini, alana en fazla katkı yapan araştırmacıları ve kurumları, coğrafi yayılımı ve çalışmaların yayımlandığı önemli kaynakları ortaya koyarak alanın genel eğilimlerini anlamayı mümkün hâle getirebilir. Ayrıca bu şekilde detaylı bir analiz sunulmasıyla araştırma boşlukları tespit edilebilir, öncelikli konular belirlenebilir. Böylelikle yeşil bilişim konusu üzerinde çalışma yapacak olan araştırmacılara yeni araştırma konuları geliştirmeleri noktasında ilham verebilir.

## 5 Conclusions

In this study, a bibliometric analysis of the studies on green computing, which covers applications and strategies to reduce the negative effects of information and communication technologies on the environment, was carried out. Between 2000 and 2024, 6,532 articles accessed from the Scopus database were analysed using VOSviewer software. Firstly, the distribution of studies on green computing according to years, countries and software language is presented, and then the leading authors, institutions, countries and journals in green computing studies are revealed by analysing the authors, institutions, countries, publication sources and similar citation links.

When the number of articles published on green computing between 2000 and 2024 is analysed, it is seen that there is a noticeable increase between 2016 and 2020 and the most articles were published in 2020 with 828 articles. 2021 is followed by 2021 with 792 articles. In these years, it is determined that most of the studies are carried out in the field of computer sciences (5,157 articles) and the language of writing is English (6,240 articles) with a significant difference.

It is determined that China is the leader in studies on green computing with 2,574 articles. This result coincides with the results of the studies coincided with Purnomo et al., Angelika et al., Verma and Singh, Paul et al. [7],[2],[9],[4]. However, it differs from the results of the study by Chandani et al., who stated that the leading country is India [5]. After China, the leading countries are the United States with 1,132 articles and India with 810 articles. According to the citation analysis of countries based on the condition that each country publishes at least two articles and receives at least two citations, China is again the most cited country (76,368 citations), followed by the United States (45,942 citations). According to the citation analysis of countries based on the condition that each country publishes at least two articles and receives at least two citations, the most cited country is again China (76,368 citations), followed by the United States (45,942 citations). China's general leadership in this area indicates that it has the power to shape the scientific literature and has a high research capacity for environmentally friendly technologies.

According to the co-authorship analysis, it is found that R. Buyya is the most productive author (with 55 articles) and also the most cited author (with 3,727 citations). This result is similar to the study results of Purnomo et al [7]. It is concluded that the author with the most publications after Buyya is Keqin Li (with 53 articles) and the author with the most citations is Jun Zang (with 2,302 citations). According to the analysis of co-cited authors, which is performed with the condition of having at least 20 citations, it is determined that the most cited author is R. Buyya with 4,117 citations, followed by Y. Zhang with 2,979 citations. In the results of the bibliographic matching links based on the condition that each author published at least two articles and received at least two citations, it is found that the authors with the most bibliographic matches are R. Buyya (with 3,727 citations), followed by J. Xu (with 1,381 citations).

In the research of the journal with the highest number of publications in the studies related to the field of green computing, the analysis is made according to the condition of publishing at least one article and receiving at least one citation. In this direction, according to the citation analysis of the publication sources, both the journal with the most articles (with 478 articles) and the journal with the most citations (with 12,876 citations) is Ieee Access. This result coincides with the result of Purnomo et al. as the most important publishing medium. The fact that Ieee Access is the most productive journal in the field of green computing shows that this journal provides a comprehensive and up-to-date information source for researchers who will work in the related field [7]. According to the citation analysis of publication sources, the second journal with the most articles and citations is Ieee Internet of Things Journal with 208 articles and 11,534 citations.

The most productive institution in this field is analysed by publishing at least one article and receiving at least one citation. In the results obtained, according to the institution citation analysis, the institution with the most publications (with 32 articles) is the State University of New York (SUNY) in the United States of America. This result differs from the result of Purnomo et al. who found that the most active institution is the Chinese Academy of Sciences (UCAS) [7]. The Chinese Academy of Sciences ranked second in the results of this study with 25 articles. On the other hand, according to the institutional citation analysis, the most cited institution is Google (with 1,995 citations), followed by Hong Kong University of Science and Technology in China (with 1,813 citations). While these results reveal the leadership of the USA and China, it can be shown as a reflection of the importance both countries attach to the field of green computing.

When the most frequently used keywords in the articles on green computing are analysed according to the repetition condition of at least 3 times, it is concluded that energy efficiency (973 repetitions), cloud computing (910 repetitions) and green computing (503 repetitions) stand out.

The results obtained within the scope of the study provide a general framework for the development of green computing. Especially the comparative evaluation of the results with previous studies allows the similarities and differences in the field to be revealed and the study contributes to the literature in this respect. Moreover, the fact that the study is prepared in Turkish not only contributes to the enrichment of the local literature on green computing, but also serves as an important reference for researchers who want to access the subject from Turkish sources. A detailed analysis of the analyses in terms of year, author, institution, country and publication sources may make it possible to understand the general trends of the field by revealing the development of scientific production in the field of green computing over time, the researchers and institutions that contribute the most to the field, the geographical spread and the important sources where the studies are published. Furthermore, by providing a detailed analysis in this way, research gaps can be identified and priority topics can be identified. Thus, it can inspire researchers who will work on green computing to develop new research topics.

## 6 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada, Halime Suvay Eker, fikrin oluşması, tasarımın yapılması, literatür taraması, verilerin elde edilmesi, sonuçların değerlendirilmesi, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuştur.

## 7 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

"Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur". "Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır".

## 8 Kaynaklar

[1] Al U, Tonta Y. "Atıf analizi: Hacettepe üniversitesi kütüphanecilik bölümü tezlerinde atıf yapılan kaynaklar". *Bilgi dünyası dergisi,* 5(1). 19-47, 2004.

[2] Angelaki E, Garefalakis, A, Kourgiantakis, M, Sitzimis, I, Passas I. "ESG integration and green computing: A 20-year bibliometric analysis". *Sustainability*, 17(7), 3266, 2025.

[3] Guthrie C. "How green is Green IT? A multidisciplinary bibliometric study and research agenda". *Procedia Computer Science*, 239, 701-709, 2024.

[4] Paul SG, Saha A, Arefin MS, Bhuiyan T, Biswas AA, Reza AW, Alotaibi NM, Alyami SA, Moni MA. "A comprehensive review of green computing: Past, present, and future research". *IEEE Access*, 11, 87445-87494, 2023.

[5] Chandani A, Wagholikar S, Prakash O. "A bibliometric analysis of green computing". *Information and Communication Technology for Competitive Strategies (ICTCS 2021) ICT: Applications and Social Interfaces,* Rajasthan, India, 17-18 December 2021.

[6] Purnomo A, Madyatmadja ED, Sano AVD, Nindito H, Sianipar CP. "A Study of Green Information Technology Using the Bibliometric Analysis". *5th International Conference on Computational Vision and Bio Inspired Computing (ICCVBIC 2021),* Coimbatore, India, 25-26 November 2021.

[7] Purnomo A, Anam F, Afia N, Septianto A, Mufliq A." Four Decades of the Green Computing Study: A Bibliometric Overview". *2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech),* Jakarta, Indonesia, 19-20 August 2021.

[8] Liao HT, Chen KS. "Mapping the landscape of green communications and green computing: A review based on bibliometric analysis". *In 2021 IEEE 21st International Conference on Communication Technology (ICCT),* Tianjin, China, 13-16 October 2021.

[9] Verma A, Singh H. "Global trends and pattern of green computing research: A bibliometric analysis". *Library Philosophy and Practice (e-journal),* 2021.

[10] Önaçan MBK. "Türkiye'de yeşil bilişim çalışmaları: sistematik literatür taraması". *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (21), 345-368, 2020.

[11] García-Berná JA, Fernández-Alemán JL, Carrillo de Gea JM, Nicolás J, Moros B, Toval A, Mancebo J, García F, Calero C. "Green IT and sustainable technology development: Bibliometric overview". *Sustainable Development*, 27(4), 613-636, 2019.

[12] Vikram S. "Green computing". *In 2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT)*, Delhi, India, 8-10 October 2015.

[13] Jindal G, Gupta M. "Green computing future of computers". *International Journal of Emerging Research in Management &Technology,* 1(2), 14-18, 2012.

[14] Scopus. "Scopus Support Center". https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/15534/supporthub/scopus/#tips (27.04.2025).

[15] Arruda H, Silva ER, Lessa M, Proença JrD, Bartholo R. "VOSviewer and bibliometrix". *Journal of the Medical Library Association: JMLA,* 110(3), 392-395, 2022.