

Makine Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak EEG Tabanlı Duygu Sınıflandırma Araştırmaları Üzerine Bibliyometrik Analiz

Selma İlknur UĞUR^{1*}, Nesibe MANAV MUTLU²,
Kübra EROĞLU³

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Nişantaşı Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yapay Zeka Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Orcid Numarası: 0009-0008-9803-1249

² Dr. Öğr. Üyesi, Nişantaşı Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

Orcid Numarası: 0000-0002-7853-6337

³ Dr. Öğr. Üyesi, Topkapı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Türkiye Türkiye

Orcid Numarası: 0000-0001-5098-8924

Geliş Tarihi: 14.05.2024

***Sorumlu Yazar e mail:** 20221500298@std.nisantasi.edu.tr **Kabul Tarihi:** 28.05.2024

Atf/Citation: Uğur, S.İ. & Manav Mutlu, N. & Eroğlu, K. (2024). "Makine Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak EEG Tabanlı Duygu Sınıflandırma Araştırmaları Üzerine Bibliyometrik Analiz", *Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 2024, 7(2): 193-212.

Öz

Elektroensefalografi (EEG) tabanlı duygu tanıma, bilişsel bilimler ve insan-bilgisayar etkileşimi alanlarında giderek artan bir ilgi görmektedir. Bu ilgi, özellikle beyin dalgalarını analiz ederek insan duygularını anlama ve yorumlama potansiyelinden kaynaklanmaktadır. Farklı duygusal uyaranlar karşısında beyin aktivitesinde birtakım değişiklikler olmakta ve bu değişiklikler EEG kayıtlarında gözlemlenebilmektedir. Makine öğrenme teknikleri ise farklı duygusal durumlar karşısında beyin aktivitesine yansıyan bu değişimlerin yüksek doğrulukta sınıflandırılmasına olanak tanımaktadır. Son yıllarda, bu alanda yapılan akademik çalışmaların sayısında büyük bir artış olmuş ve bu da EEG tabanlı duygu tanıma

tekniklerinin geliştirilmesi için geniş bir literatür birikimi oluşturmuştur. Bu çalışma, makine öğrenme yöntemleri kullanılarak EEG tabanlı duygu tanıma çalışmalarının bibliyometrik analizini sunmayı amaçlamaktadır. Analiz, bu alandaki yayın trendlerini, araştırma ağlarını, anahtar kelimeleri ve en etkili çalışmaları ortaya koyarak, alanın mevcut durumunu ve gelecekteki potansiyel yönlerini değerlendirecektir. Ayrıca EEG ve makine öğrenmesi teknolojilerinin duygu tanıma uygulamalarındaki rolünü derinlemesine incelemeyi ve bu alandaki akademik katkıları haritalamayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: EEG, Makine Öğrenmesi, Bibliyometri, Duygu Analizi

Bibliometric Analysis on EEG-Based Emotion Classification Research Using Machine Learning

Abstract

An increasing interest has been observed in the fields of Electroencephalography (EEG)-based emotion recognition, cognitive sciences, and human-computer interaction. This interest primarily arises from the potential to understand and interpret human emotions by analyzing brain waves. EEG can accurately record emotional responses, and when combined with machine learning techniques, it enables the precise classification of emotional states. In recent years, there has been a significant increase in academic research within this domain, leading to a substantial accumulation of literature aimed at understanding and developing EEG-based emotion recognition techniques. This study aims to present a bibliometric analysis of machine learning methods in EEG-based emotion recognition. The analysis aims to clarify publication trends, research networks, key terms, and influential studies, thereby assessing the present status and potential future trajectories of the field. This endeavor aims to comprehensively explore the role of EEG and machine learning technologies in emotion recognition applications and chart the academic contributions in this domain.

Keywords: EEG, Machine Learning, Bibliometri, Emotion Recognition

1. Giriş

Duygular, çeşitli dış uyaranlar sonucu ortaya çıkan öznel psikofizyolojik tepkilerdir ve günlük hayatımızı önemli ölçüde etkilemektedir. İnsanlar duygularını çeşitli yollarla ifade eder; jestler, beden dili, ses

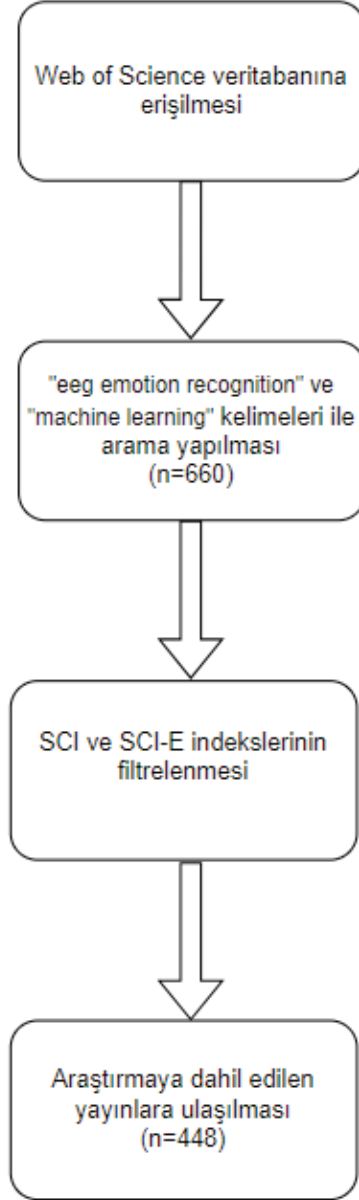
tonu ve fizyolojik işaretler bu ifade şekilleri arasındadır. Duygular karar verme ve algı gibi yetenekleri şekillendirme konusunda önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, duyguları anlamak ve tanımlamak, insan davranışı üzerine yapılan çalışmaların temel bir parçası haline gelmiştir.

Son yıllarda, makine öğrenmesi (ML) ve bilgi füzyonundaki hızlı gelişmeler, makinelere/ bilgisayarlara duygu anlama, tanıma ve analiz etme yeteneği kazandırmayı mümkün kılmıştır (Zhang ve Yin, 2020: 103-126). Fizyolojik sinyaller, duyguları tanımda daha objektif ve güvenilir bilgiler sunar çünkü bu sinyaller, insanların kontrolü dışında gerçekleşir. Özellikle EEG beyin dalgalarını ölçen bir teknik olarak, duygusal tepkileri algılamada son derece hassas bir yöntemdir (Xie, Luo, Wang ve Liu, 2024: 1-3). EEG sinyalleri, duygusal durum dalgalanmalarına daha hassas ve gerçek zamanlı tepki verdiği için, duygusal durumların önemli özelliklerini sunabilir. Bu nedenle, son zamanlarda çeşitli EEG tabanlı duygu tanıma teknikleri geliştirilmiştir.

Bibliyometri, bilimsel yayınlar ve bunların ilişkilerini inceleyen istatistiksel ve sayısal analiz yöntemidir (Al, Sezen ve Soydal, 2012: 54-57). Bu alanda araştırmacılar, kitaplar, makaleler ve diğer yayınların sayısını, türlerini ve alıntı yapma sıklıklarını analiz ederek belirli bir alanın ya da yazarın bilimsel üretkenliğini, etkisini ve iş birliği ağlarını değerlendirebilirler. Bibliyometri, bilimsel çalışmaların performansını ölçmek, araştırma trendlerini belirlemek ve iş birliği modellerini anlamak için yaygın olarak kullanılır. Bibliyometrik yöntemler, yazarların, dergilerin, ülkelerin ve enstitülerin performansını ve araştırma modellerini değerlendirmenin yanı sıra aralarındaki iş birliği modellerini tanımlamak ve ölçmek için de kullanılabilir (Li and Zhao, 2015: 158-166).

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada yöntem olarak bibliyografik analiz kullanılmıştır. Web of Science (WoS), dünya çapında önde gelen bilimsel atıf ve analiz platformlarından biridir ve bilimsel yayınların analizinde en yaygın kullanılan platformdur (Yang vd, 2013: 133-146). Hem geniş çaplı bilimsel işlevleri destekleyen bir araştırma aracı olarak, hem de büyük ölçekli yoğun çalışmalar için kapsamlı bir veri seti olarak hizmet vermektedir. Çeşitli bilgi alanlarında detaylı araştırmalar yapılmasına olanak tanıyan WoS, akademik çalışmaların doğruluk ve derinliğini artırarak bilim insanlarına ve araştırmacılara değerli iç görüler sunar. (Li, Rollins ve Yan, 2018: 1-20). Clarivate Analytics tarafından üretilen Web of Science veritabanı üzerinden verilere erişim sağlanmıştır. “10.05.2024” tarihinde “machine learning” ve “eeg emotion recognition” kelimeleri ile yapılan aramaya göre toplam 660 adet yayına erişilmiştir. SCI ve SSC-I indeksli yayınlar filtrelendiğinde 448 adet yayına erişilmiştir. Verilerin analizi için VOSviewer v1.6.20 uygulaması kullanılarak çeşitli alanlarda analiz elde edilmiştir.

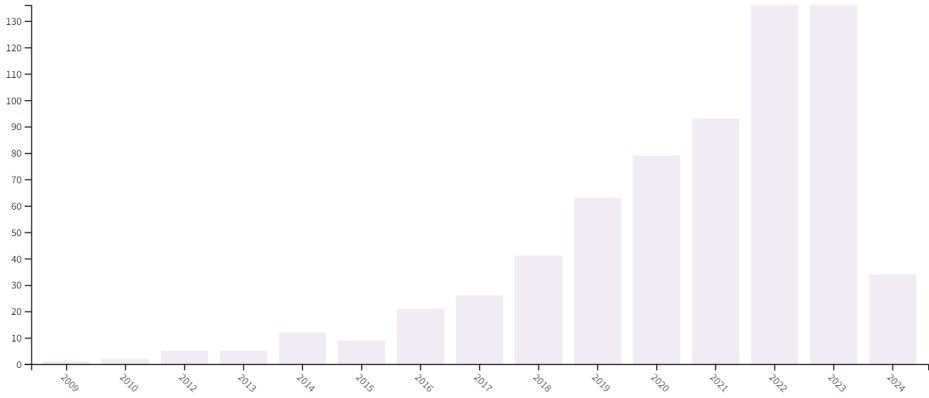


Şekil 1. Yayınların Seçilmesinde İzlenen Prosedür.

3. Bulgular

3.1. Yayın Yılı Analizi

Şekil 2’ de yıl bazında yayınların artışı analiz edilmiştir. “Makine Yöntemi ile Duygu EEG Sinyallerinin Belirlenmesi” konulu araştırmalara ilişkin 2009 yılında 1 adet yayın görülmüştür. 2018 yılından itibaren konuya ilginin artmış olduğu ve son yıllarda kriterlere uyan 100 ün üzerinde yayının olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 2. Yıl Bazında Yayınların Artış Grafiği.

3.2. Kategori Analizi

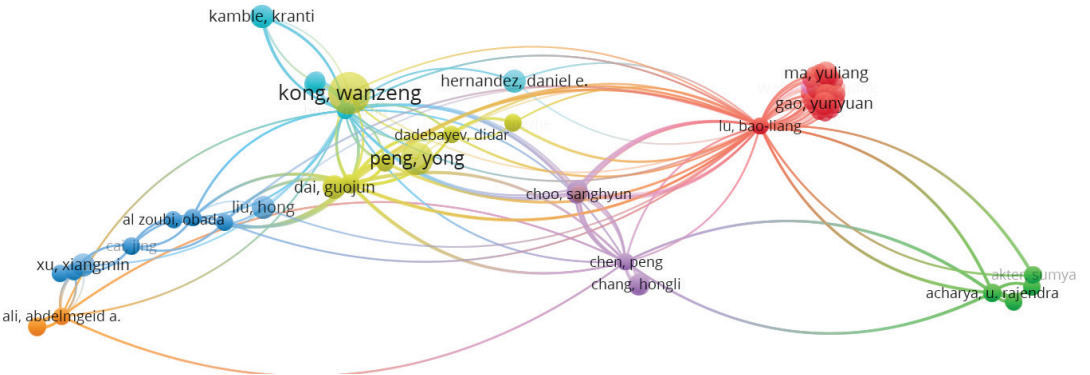
Yapılan aramaya göre 448 adet yayına ulaşılmıştır. Tablo 1’ de yayınların ilk beş kategorisine yer verilmiştir. Ulaşılan yayınların yüzdesel çoğunluğunun mühendislik alanı kategorilerinde olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Araştırmaya Dahil Olan Yayınların Kategorileri.

Kategori	Kayıt Sayısı	Yüzde (%)
Elektrik Elektronik Mühendisliği	134	29.9
Yapay Zeka Mühendisliği	100	22.3
Nörobilim	90	20.1
Bilgisayar ve Bilgi Sistemleri Bilimi	84	18.7
Biyomedikal Mühendisliği	60	13.4

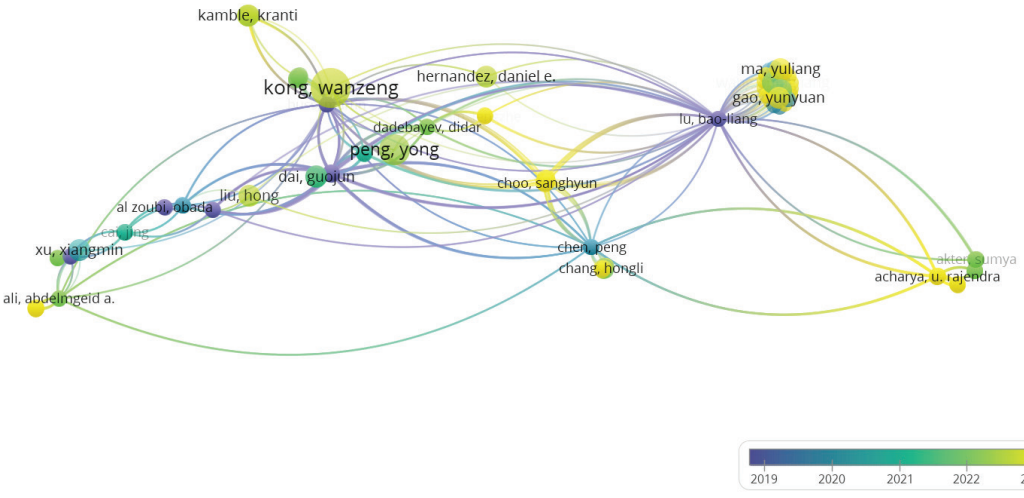
3.3. Yazar Atıf Analizi

Yazarların atıflarına göre analiz yapıldığında minimum doküman sayısı 1 ve atıf sayısı 1 seçilerek haritalandırma yapılmıştır. Buna göre 188 yazara ulaşılmıştır. Şekil 3’te görüldüğü üzere en fazla atıf yapılan yazarlar Kong Wanzeng, Bao-Liang Lu, Zheng Wei-Long, Zhu Jia-yi, Ma Yuliang, Gao Yunyuan olarak görülmektedir.



Şekil 3. Yazar Atıf Haritası.

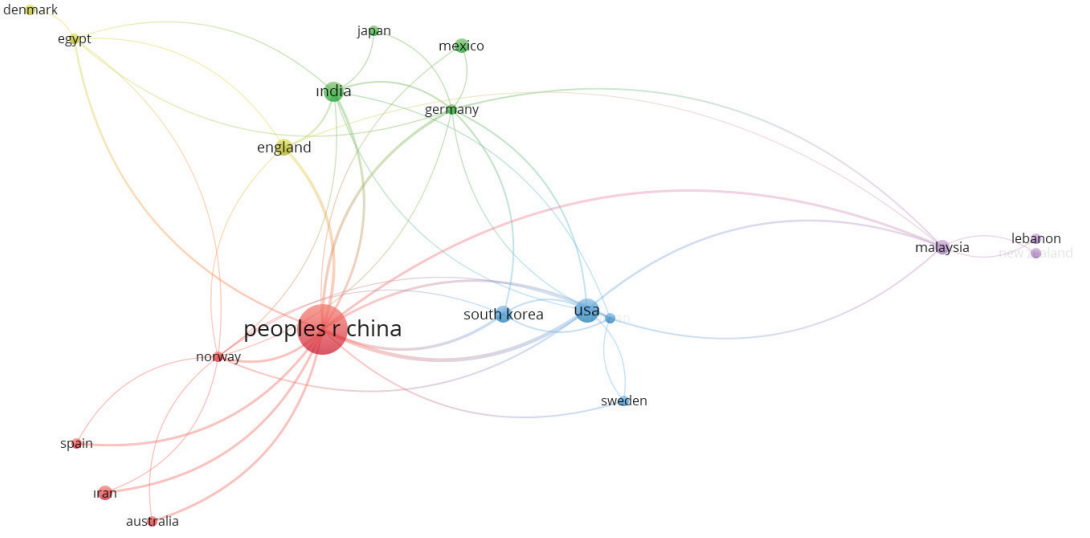
Yazarların yıllara göre haritasına bakıldığında ise Şekil 4’te görüleceği üzere sarı renkli yazarların 2022 yılından itibaren atıf sayıları artmıştır. Ma Yuliang, Gao Yunyuan, Kamble Kranti, Ali Abdelmgeid gibi yazarların son yıllarda atıf sayılarının arttığı görülmüştür.



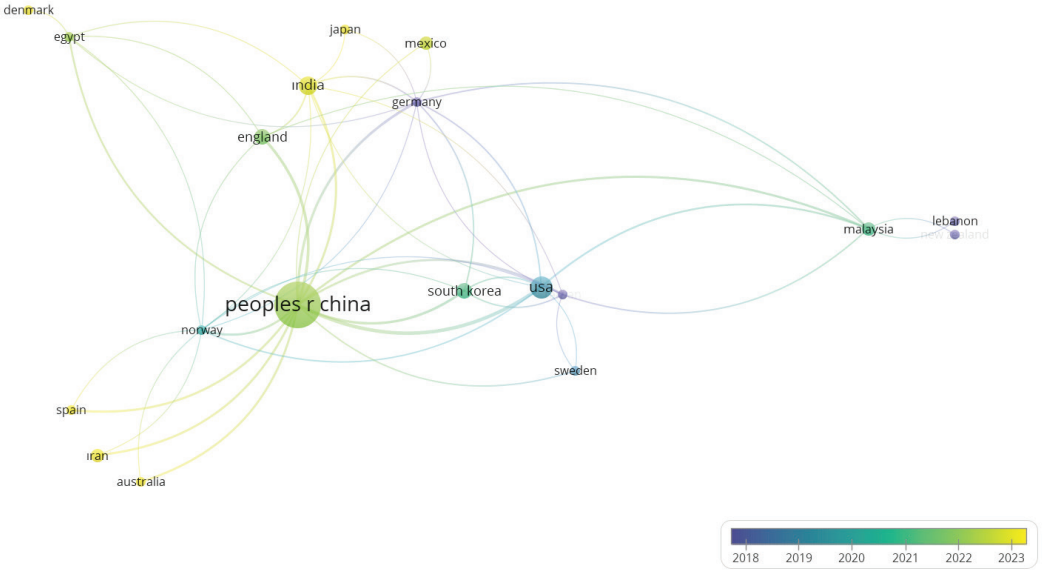
Şekil 4. Yazar Atıf Zaman Haritası.

3.4. Ortak Yazarlık Analizi

Yazarların ortaklıklarına göre en fazla iş birliği yapan yazarlar tespit edilmiştir. Minimum atıf yapılan yazar 1 ve minimum atıf yapılan doküman 1 seçilerek ilerlendiğinde 6 farklı kümede toplam 26 yazara ulaşılmış ve Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 6. Ülkelerin Yayın Atıf Haritası.



Şekil 7. Ülkelerin Yıllara Göre Yayın Atıf Zaman Haritası.

“Makine öğrenme yöntemleri kullanılarak EEG tabanlı duygu sınıflandırma” konusu üzerine gerçekleştirilmiş çalışmalara katkı veren ve en çok yayın üreten ilk on ülke Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2. Ülkelerin Yayın Sayıları.

Ülke	Yayın Sayısı	Yüzde
Çin	184	41.1%
Hindistan	54	12.1%
Amerika	48	10.7%
Suudi Arabistan	26	5.8%
İngiltere	25	5.6%
Güney Kore	23	5.1%
İtalya	19	4.2%
Malezya	17	3.8%
Japonya	15	3.3%
Türkiye	15	3.3%

Tablo 2 incelendiğinde, en çok araştırma gerçekleştiren ülkenin Çin olduğu görülmektedir. En çok yayın üreten on ülkenin toplam yayın sayısı 448 olup Çin’ in %41 lik bir orana sahip olduğu görülmektedir. Türkiye 15 yayın ile Japonya ile beraber en çok araştırma gerçekleştiren 9. ülke konumundadır.

3.6. Kurum Analizi

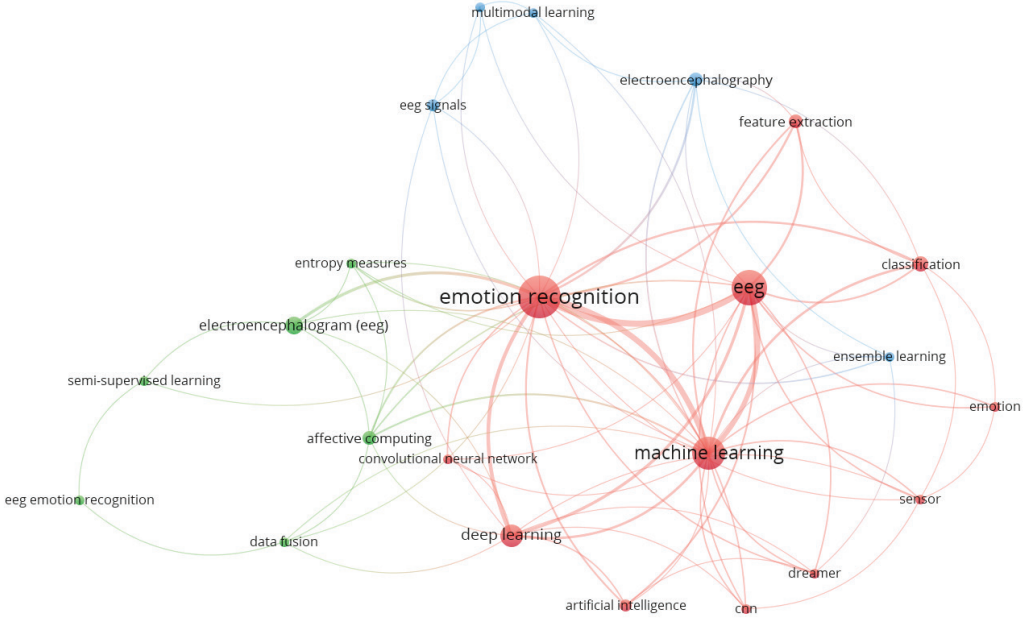
Kurumların yayınları üzerinden analiz yapılmak istenildiğinde minimum atıf sayısı 1 ve minimum doküman sayısı 1 seçilerek ilerlenmiştir. Bu kriterleri 79 adet kurum sağlamıştır. Yapılan analize göre toplam bağlantı gücü en yüksek olan kurumlar şu şekildedir; Shanghai Jiao Tong University, Technology University Munich, East

Tablo 3. Kurumların Yayın Sayıları.

Kurum	Yayın Sayısı	Yüzde (%)
HANGZHOU DIANZI UNIVERSITY	35	7.813
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY	17	3.795
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	15	3.348
NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY NIT SYSTEM	12	2.679
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY	12	2.679
FIRAT UNIVERSITY	10	2.232
EGYPTIAN KNOWLEDGE BANK EKB	9	2.009
NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY	9	2.009
IMAM MOHAMMAD IBN SAUD ISLAMIC UNIVERSITY	8	1.786
UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	8	1.786

3.7. Kelime Analizi

Yayınlara özet bilgilerinde minimum iki kez tekrar edilen kelimeler için seçim yapıp ilerlendiğinde 134 adet kelimedenden 23 adeti kriterlere uymuştur. Buna göre yapılan haritalandırma Şekil 8’de gösterilmiştir. En çok kullanılan kelimeler “duygu analizi”, “makine öğrenmesi”, “eeg”, “sınıflandırma”, “derin öğrenme” olmuştur.

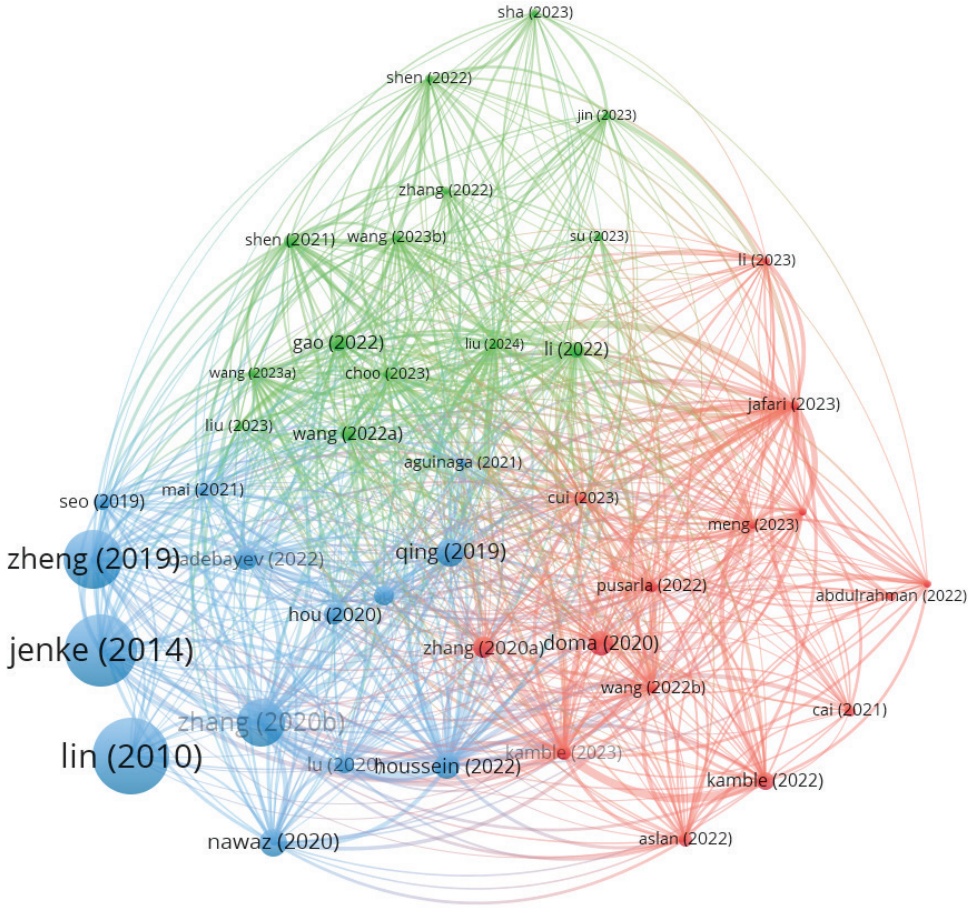


Şekil 8. Kelimelerin Kullanılma Sıklığı Haritası

3.8. Yayınların Bibliyografik Eşleşme Analizi

“Bibliyografik eşleşme” (bibliographic coupling), bilimsel literatürde iki veya daha fazla dokümanın ortak referansları paylaşması durumudur. Bu, belirli kaynakları paylaşan makalelerin, belirli konular veya fikirler etrafında birbirleriyle ilişkili olabileceğini gösterir. Bibliyografik eşleşme, belirli bir araştırma alanında çalışmalar arasındaki ilişkileri ve etkileşimleri anlamak için kullanılır (Dirik vd. 2023: 164-188).

Yayınlar arası bibliyografik eşleşme incelendiğinde en az 1 atıfta bulunulmak kaydıyla 448 yayının 43 adeti bu kriteri sağlamıştır. Bu yayınlar aralarındaki bağ üç farklı grupta kümelenmiştir.



Şekil 9. Yayınların Bibliyografik Eşleşme Haritası.

3.9. Yazarların Bibliyografik Eşleşmesi

En az 1 eser yayınlamış ve 1 atıf almış olmak kriteri ile seçilen ve aralarında bağlantı bulunan 215 yazarın 188 tanesi bu kriterleri sağlamıştır. Toplam bağlantı gücüne göre en fazla bibliyografik eşleşmesi olan 20 yazar ve bilgileri aşağıdaki Tablo 4' te listelenmiştir.

Tablo 4. Yazarların Doküman Sayısı, Atıf Sayısı ve Toplam Bağlantı Gücü.

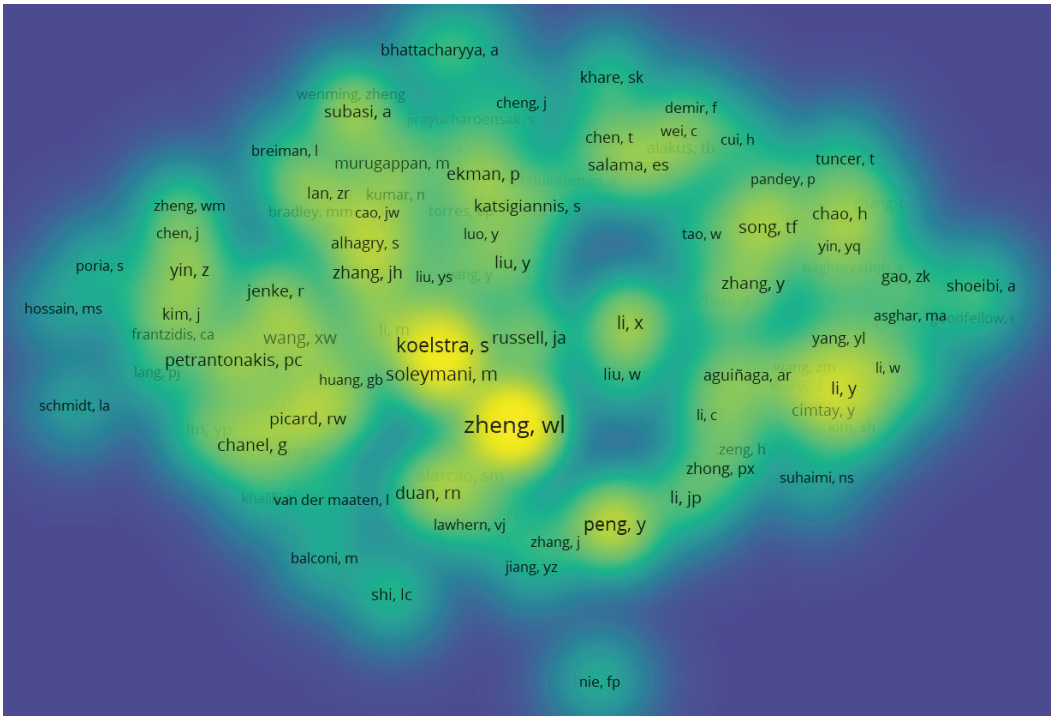
Yazar	Doküman Sayısı	Atıf Sayısı	Toplam Bağlantı Gücü
Kong, Wanzeng			
Acharya, Rajendra	23	300	66382
Bagherzadeh, Sara	16	1243	50632
Garcia, David Lopez	19	241	48636
Gorriz, Juan	11	441	38276
Jafari, Mahboobeh	7	39	4067
Khodatars, Marjane	1	8	3814
Shalhaf, Ahmad	1	8	3814
Shoeibi, Afshin	1	8	3814
Jensen, Christian	1	8	3814
Liu, Huan	1	1	2458
Lou, Tianyu	1	1	2458
Wu, Yixiao	1	1	2458
Xiao, Yang	1	1	2458
Zhang, Dalin	1	1	2458
Zhang, Yuzhe	1	1	2458
Peng, Yong	4	29	2151
Kamble, Kranti	2	47	1888
Sengupta, Joydeep	2	47	1888
Chen, Peng	1	237	1766

3.10. Yazarların Eş Atıf Analizi

Eş atıf, bilimsel literatürde iki ya da daha fazla yayının aynı çalışmalara atıf yapması durumunu ifade eder. Eş-atıf analizi, belirli bir alanda hangi yayımların birlikte sıklıkla atıf aldığını belirlemeye yardımcı olur. Bu, belirli bir konu, teori veya metodoloji etrafında bilim dünyasında nasıl bir topluluk oluştuğunu ve bu topluluğun yapılanmasını anlamak

için önemlidir. Eş-atıflar, genellikle aynı veya benzer konular üzerine çalışan araştırmalar arasında güçlü ilişkilerin olduğunu gösterir.

Eş atıf yapılan yazarlar belirlenmek istendiğinde minimum atıf sayısı 5 seçilerek ilenlenmiş ve 2101 yazarın 115 bu kriterleri sağlamıştır. Eş atıf analizine ilişkin ısı haritası Şekil 10’ da verilmiştir.



Şekil 10. Yazarların Eş Atıf Isı Haritası.

4. Sonuç

Makine öğrenme yöntemleri kullanılarak EEG tabanlı duygu sınıflandırma, beyin sinyallerini anlamak ve duygusal durumlarla ilişkilendirmek açısından büyük önem taşımaktadır. Bu yöntemler, depresyon ve anksiyete gibi duygusal rahatsızlıkların erken teşhisine

olanak sağlayarak duygusal sağlık takibinde devrim yaratılabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda, beyin-bilgisayar ara yüzleriyle engelli bireylerin cihazları düşünceleriyle kontrol etmeleri veya iletişim kurmaları mümkün hale gelebilecektir. Ayrıca, bilgisayar oyunları, eğitim yazılımları ve sanal gerçeklik uygulamalarında kullanıcı deneyimini kişiselleştirerek insan-bilgisayar etkileşimini geliştirebileceği düşünülmektedir. Duygusal durumların beyin aktiviteleriyle ilişkisi psikoloji ve nörobilim araştırmalarına yeni iç görüler katabilirken, klinik uygulamalarda tedavi süreçlerini iyileştirmek ve terapilerin etkinliğini artırmak açısından da umut vaat etmektedir. Bu nedenle, makine öğrenme yöntemleri kullanılarak EEG tabanlı duygu sınıflandırma bilimsel ve teknolojik gelişmelerin yanı sıra insan sağlığı alanında da önemli bir katkı sağlayacaktır.

Bu araştırma, “Makine öğrenme yöntemleri kullanılarak EEG tabanlı duygu sınıflandırma” üzerine yapılan yayınların kapsamlı bir incelemesini sunmaktadır. İlk inceleme ve filtreleme aşamalarından sonra, WoS veri tabanında indekslenen 448 yayın seçilmiş ve bibliyometrik analizler için verileri hazırlanmıştır.

VOSViewer uygulaması ile ülke, yazar, yayın, kurum haritaları çıkarılmıştır. Ortak yazarlık, Yazarların Eş Atıf Analizi (Co-citation of Authors), Yazarların Bibliyografik Eşleşmesi, Yayınların Bibliyografik Eşleşme Analizi, Kelime Analizi (Co-occurrence Author Keywords) gibi bibliyometrik analiz teknikleri kullanılmıştır.

Bu bağlamda, “Makine öğrenme yöntemleri kullanılarak EEG tabanlı duygu sınıflandırma” yayınlarının eğilimleri, genel özellikleri ve iş birliği ağları ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Özellikle son yıllarda artan yayın sayısı ile birçok değerli araştırma bulgusu ortaya konmuştur.

Yayımlar incelendiğinde en çok geçen kelimelerden en önemlileri “duygu analizi”, “makine öğrenmesi”, “eeg”, “sınıflandırma” ve “derin öğrenme” olarak görülmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere makine öğrenme yöntemleri kullanılarak EEG tabanlı duygu sınıflandırma üzerine yapılan araştırmalarda derin öğrenmeye de yer verildiği görülmüştür. Bu da araştırılması gereken başka bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ülkelerin yayın sayısı incelendiğinde en çok yayın yapan ülkenin %41 lük oranla Çin olduğu görülmektedir. Hindistan ve Amerika da sırasıyla %12 ve %10 lük yüzdeler ile Çin’ i takip ettiği görülmektedir. Bu üç ülkenin toplam yayın sayısı %63 oran ile konu alanını baskıladıkları görülmüştür.

En çok atıf yapılan ülkeler incelendiğinde Çin’ in yine önde geldiği görülmüştür. Aynı zamanda son yıllarda Hindistan, Avustralya, İspanya, Japonya ve Danimarka gibi ülkelerin de atıf sayılarının arttığı görülmektedir.

Ülkelerin iş birliği haritası incelendiğinde Çin, Hindistan, Amerika ve Suudi Arabistan’ ın önde geldiği görülmüştür. Bu ülkeler, kapsamlı araştırma altyapıları, kaliteli üniversiteleri ve Ar-Ge’ye yaptıkları büyük yatırımlarla dikkat çekmektedir. Bu durum, diğer ülkelerle iş birliği yaparak bilimsel çalışmalarını daha ileri taşımalarını sağlayacağı öngörülmektedir. Öte yandan, Hindistan ve Suudi Arabistan gibi gelişmekte olan ülkeler, uluslararası iş birlikleriyle bilgi ve teknolojiyi paylaşarak bilimsel gelişimlerini hızlandırmayı hedeflemektedirler. Bu ülkelerin bilimsel çeşitlilik ve farklı perspektiflere açık olmaları, iş birliklerinin kalitesini artırır ve bilimsel inovasyonu destekleyeceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Al, U., Sezen, U., ve Soydal, İ. (2012). Hacettepe Üniversitesi bilimsel yayınlarının sosyal ağ analizi yöntemiyle değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi, 29(1).
- Dirik, D., Eryılmaz, İ. ve Erhan, T. (2023). Post-truth kavramı üzerine yapılan çalışmaların VOSviewer ile bibliyometrik Analizi. Sosyal Mucit Academic Review, 4(2), 164-188. doi: 10.54733/smar.1271369
- Li, K., Rollins, J. ve Yan, E. (2018) Web of science use in published research and review papers 1997–2017: A selective, dynamic, cross-domain, content-based analysis. Scientometrics, 115, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2622-5>
- Li, W., ve Zhao, Y., 2015. Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. Environ. Impact Assess. Rev. 50, 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.012>
- URL-1: <https://www.webofscience.com/wos>, Erişim Tarihi: 10.05.2024)
- Xie, J., Luo, Y., Wang, S., ve Liu, G. (2024). Electroencephalography-based recognition of six basic emotions in virtual reality environments. Biomedical Signal Processing and Control, 93, 106189. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2024.106189>
- Yang, L., Chen, Z., Liu, T., Gong, Z. ve Yu, Y., Wang, J. (2013). Global trends of solid waste research from 1997 to 2011 by using bibliometric analysis. Scientometrics 96, 133–146. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0911-6>
- Zhang, J., Yin, Z., Chen, P. ve Nichele, S. (2020). Emotion recognition using multi-modal data and machine learning techniques: A tutorial and review, Information Fusion, Volume 59, 2020, Pages 103-126, <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.01.011>