



Eğitimde Sistem Düşüncesi: Bibliyometrik Bir Analiz

Nidan Oyman Bozkurt ¹, Erkan Bozkurt ²

Öz

Bu çalışmanın amacı, eğitim alanındaki sistem düşüncesi araştırmalarının bibliyometrik bir analizini sergilemektir. Analizde 1984-2022 yılları arasında Web of Science (WoS) veri tabanında taranan 459 kaynaktan toplam 1020 makale kullanılmıştır. Analiz, dönemsel süreç, mevcut durum ve gelecekteki yönelimlere ilişkin geniş ve derinlemesine bir bilgi sunarak, araştırmanın dinamiklerini belirleyerek eğitimde sistem düşüncesi araştırmalarına ilişkin bir inceleme sunmayı amaçlamaktadır. Sistem düşüncesi üzerine yapılan araştırmaların son yıllarda önemli bir artış gösterdiği kabul edilmektedir. Bibliyometrik veriler, eğitim çalışmalarıyla ilgili sistem düşüncesi araştırmalarının da paralel bir artış gösterdiğini kanıtlamaktadır. Bunun başlıca nedeni UNESCO'nun 2015 yılında "2030 için Eğitim Eylem Çerçevesi"ni ilan etmesidir. Burada sistem düşüncesi, sürdürülebilir kalkınma için eğitime yönelik sekiz yeterlilik arasında kilit bir yeterlilik olarak tanımlanmıştır. Analiz, eğitimde sistem düşüncesi araştırmalarının ağırlıklı olarak fen eğitimi ve ilgili alanlara yönelik olduğunu göstermektedir. Mevcut araştırma görüntüsü dünya çapındaki araştırmacılar arasında kapsamlı bir işbirliği olduğunu ortaya koymasa da, araştırmacıların birbirlerinin çalışmalarını yeterince göz önünde bulundurdukları söylenebilir.

Anahtar Kelimeler

Sistem düşüncesi
Eğitim
Eğitim felsefesi
Fen eğitimi
Sürdürülebilir kalkınma için eğitim
Bibliyometrik analiz

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 06.02.2023

Kabul Tarihi: 09.10.2023

Elektronik Yayın Tarihi: 30.01.2024

DOI: 10.15390/EB.2024.12634

Giriş

Antik çağlardan beri bütüncül düşünmek pek çok düşünür tarafından tasavvur edilmiştir. Aristoteles'ten Leibniz'e ya da Hegel'den Husserl'e kadar, nesnelere, toplum, ruh ya da genel olarak varlık hakkında bütüncül düşünme, tarihte birçok düşünürün karşılaştığı çeşitli kuramsal ve pratik sorunların çözümü için önemli bir derman olmuştur. 1950'lerden itibaren "bütüncül düşünme" terimi "sistem düşüncesi" adı altında yeni bir biçim kazanmış ve "sistem" kavramı en önde gelen araştırma gündemi haline gelmiştir. Bugün "sistem düşüncesi" bütüncül düşünce paradigmasının bizzat kendisidir (Checkland, 2000).

Uygarlığın her alanında potansiyel bilgi üretiminin katlanarak arttığı ve bu kitlesel üretimin bakiyesinin son derece karmaşık hale geldiği bilgi çağının başlangıcından bu yana sistemler üzerine düşünmek önem kazanmıştır. Senge'e (1994, s. 54) göre, "tarihte ilk kez, insanoğlu herkesin özümseyebileceğinden çok daha fazla miktarda bilgi yaratma kapasitesine sahiptir". Dahası, bugün küresel toplumun karşı karşıya kaldığı pek çok sorun, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sistemik sorunlardan ya da diğer bir deyişle "sistemik kırılmalardan" kaynaklanmaktadır (Senge, 1994).

¹ Uşak Üniversitesi, Eğitimi Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Türkiye, nidan.oyman@usak.edu.tr

² Uşak Üniversitesi, Eğitimi Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Türkiye, erkan.bozkurt@usak.edu.tr

Sistem Düşüncesi (SD), dünyadaki her şeyin tek başına bir unsur olmadığı ve her şeyin bir şekilde bir sisteme bağlı olduğu gerçeğinden hareketle gelişir (Sterman, 2010). Bu sistemdeki bir eylem, tek bir tepkimeye neden olan tek bir eylem değil, sistemin değişmesine neden olan bir tepkiler zinciridir. Bu nedenle Senge (1994, s. 53) SD'yi nesnelere ve süreçlerine bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşan bir disiplin olarak tanımlar: "şeylerden ziyade karşılıklı ilişkileri, statik "anlık görüntülerden" ziyade değişim kalıplarını görmeye yönelik bir çerçevedir."

SD'nin temel amacı, dünyadaki çeşitli karmaşıklıkların altında yatan yapıları ortaya çıkarmaktır (Richmond, 1994; Senge, 1994). Bu yapılar, karmaşık sistemlerin çalışmasını sağlamak için bir başlangıç noktası olacaktır (Meadows, 2008). Bunu tesis ederken SD, güvenilir çıkarımlar yapabilmek için altta yatan yapılara ilişkin derin bir anlayış geliştirir (Richmond, 1994). Bu anlayış, sistemin varlığını sürdürmesi için çok önemlidir.

Pratik anlamda, söz konusu sistem doğanın kendisi ise, o halde insanlık için kesinlikle hayati bir öneme sahiptir. Dolayısıyla SD yaklaşımı, uygar dünya ile dış çevre ya da genel olarak doğa arasındaki görünmez bağların kavranmasına yardımcı olacak, bu da uygar dünyanın ürettiği bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin yol açtığı sorunların (örneğin küresel ısınma ve iklim değişikliği vb.) gözler önüne serilmesine ve aşılmasına yardımcı olacaktır.

SD önceleri çoğunlukla işletme, biyoloji, fizik ve mühendislik alanlarında kullanılmıştır (York ve Orgill, 2020). Günümüzde SD'nin araştırma konuları karmaşık organizasyonlar, sosyal sistemler, ekonomi, müfredat tasarımı, sosyal hizmet, psikoloji, bağımlılık terapisi, bir sistem olarak insan vücudu, sağlık, işletme, bankacılık, kişisel ilişkiler, küresel durum, çevre, gruplar ve takımlar için öğretim metodolojileri, karar verme ve proje yönetimi, bilimsel ve teknolojik eğitim gibi geniş bir ilgi alanını kapsamaktadır (Hossain, Dayarathna, Nagahi ve Jaradat, 2020).

Yakın zamanda, çeşitli alanlardaki araştırmacılar SD'yi eğitim bağlamlarında kullanmaya başlamıştır (Clark ve Hoffman, 2019; Monat, Gannon ve Amisshah, 2022; York ve Orgill, 2020). Eğitim, ekonomik, kültürel, bilimsel ve siyasi sistemlerin hem ayrılmaz bir parçasıdır hem de bu sistemlerden etkilenir. (Schuler, Fanta, Rosenkraenzer ve Riess, 2018). Eğitime ve eğitimsel değişime sistem-tasarımı bakış açısını sunan Banathy, eğitimin iyileştirilmesine yönelik bir sistem-tasarımı yaklaşımının eğitim için en önemli konu olması gerektiğinde ısrar etmektedir (Banathy, 1991). Banathy (1995), eğitim sistemlerinin diğer canlı veya sosyal sistemler gibi açık sistemler olduğunu ve SD açısından analiz edilmesi gerektiğini belirtmektedir.

Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) 2015 yılında "Herkes için Eğitim Küresel İzleme Raporu "nu açıklamış ve "Eğitim 2030 Eylem Çerçevesi" bildirgesiyle geleceğe yönelik hedefler belirlemiştir. Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim bu bildirgenin özünü oluşturmaktadır. Ancak sürdürülebilirlik kavramına ilişkin uluslararası ölçekteki ilk gelişme 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen Dünya Zirvesi'ne kadar uzanmaktadır. Bu zirve, sürdürülebilir kalkınma projelerinin dünya çapında kurumsallaşması için ilk girişim olmuştur (United Nations Conference on Environment and Development [UNCED], 1992). Birleşmiş Milletler de 2000 yılında sürdürülebilirliğin temel hedeflerden biri olarak belirlendiği Milenyum Kalkınma Hedeflerini ilan etmiştir (United Nations [UN], 2000). Daha sonra UNESCO, 2005-2014 yılları arasında tamamlanan Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim On Yılı programı aracılığıyla dünya çapında sürdürülebilir kalkınma için eğitimi teşvik etmeye yönelik bir plan başlatmıştır (UNESCO, 2005). Bu programı takiben, 2015 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, 2015-2030 yılları arasında etkin olacak Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri için 17 hedef ilan etmiştir (UN, 2015). Bu hedefler yoksulluk, açlık, sağlık sorunları, kaliteli eğitim, toplumsal cinsiyet eşitliği, temiz su ve kanalizasyon, uygun fiyatlı ve temiz enerji, iklim değişikliği, barış gibi küresel sorunları ele almaktadır. "Eğitim 2030 Eylem Çerçevesi" (bundan sonra "2030 Çerçevesi" olarak anılacaktır) bildirgesi bu hedeflerin eğitim boyutunu belirtmektedir.

2030 Çerçevesi, yukarıda belirtilen hedeflere ulaşmak için sekiz temel yeterlilik bildirmiştir. Bu yetkinlikler, sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesinde anahtar yetkinlikler olan sistem düşüncesi, öngörücü, normatif, stratejik, işbirliği, eleştirel düşünme, öz farkındalık ve entegre problem

çözme yeterlilikleri olarak belirtilmiştir (UNESCO, 2016). Raporda, bu yeterliklerin kazanılması için aşağıdaki koşulların yerine getirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır:

Dünyanın dört bir yanındaki toplumlar teknoloji ve küreselleşmenin ilerlemesine ayak uydurmaya çalışırken, birçok yeni zorlukla karşılaşmaktadır. Bunlar arasında artan karmaşıklık ve belirsizlik; daha fazla bireyselleşme ve sosyal çeşitlilik; genişleyen ekonomik ve kültürel tekdüzelik; bağımlı oldukları ekosistem hizmetlerinin azalması ve doğal ve teknolojik tehlikelere karşı daha fazla kırılganlık ve maruz kalma yer almaktadır. Elleri hızla çoğalan miktarda bilgi mevcuttur. Tüm bu koşullar yaratıcı ve kendi kendini organize eden eylemler gerektirmektedir çünkü durumun karmaşıklığı, katı bir şekilde plana göre ilerleyen temel sorun çözme süreçlerini aşmaktadır. İnsanlar içinde yaşadıkları karmaşık dünyayı anlamayı öğrenmelidir. Olumlu değişim için işbirliği yapabilmeli, seslerini yükseltebilmeli ve harekete geçebilmelidirler (UNESCO, 2016).

Günümüzde coğrafya, tarih, biyoloji, fizik ve kimya eğitimi gibi birçok eğitim alanında SD'nin çeşitli kavramsallaştırmaları bulunmaktadır (örn. Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2005; Boersma, Waarlo ve Klaassen, 2011; Flynn vd., 2019; Gero ve Zach, 2014; Suslov, Salimgareev ve Khammatov, 2017). Her bir alan, öğrencilerin sürdürülebilir kalkınmaya katılmak için karmaşık sistemlerin ve ağların yapısını ve dinamiklerini anlamalarını sağlamayı amaçlamaktadır (Schuler vd., 2018). Bu görüşe göre, başlıca doğal, sosyal ve ekonomik sistemler hakkında bilgi ve anlayış edinen öğrenciler, bireysel, grup veya toplumsal davranışlarıyla bu sistemlerin sürdürülebilir kalkınmasını teşvik edebilirler (Schuler vd., 2018).

SD, eğitimde büyük önem taşımaktadır. SD, Eğitim sistemlerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlar, istenmeyen sonuçların belirlenmesine ve ele alınmasına yardımcı olur, disiplinler arası işbirliğini teşvik eder, yenilikçi ve bütünsel eğitim uygulamalarının geliştirilmesini destekler. Eğitimciler ve araştırmacılar, SD yaklaşımını benimseyerek eğitimin karmaşıklığı içinde yollarını bulabilir, daha etkili ve sürdürülebilir eğitim sonuçları için çalışabilirler. SD, disiplinler arası işbirliğini ve farklı alanlardan gelen bilginin entegrasyonunu teşvik eder (Singam, 2022). Eğitim, sosyal, ekonomik ve teknolojik yönler de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenir. SD, eğitimcileri bu daha geniş etkileri dikkate almaya ve psikoloji, sosyoloji ve ekonomi gibi disiplinlerden görüşler almaya teşvik eder. Bu disiplinler arası yaklaşım, eğitim olgularının anlaşılmasını zenginleştirir, yenilikçi ve bütüncül eğitim uygulamalarının geliştirilmesini destekler (Singam, 2022).

Dahası, STEM eğitimi ve sürdürülebilirlik gibi eğitimdeki karmaşık zorlukların ele alınmasında SD çok önemlidir (Mikhaylovsky vd., 2021). Bu konular, farklı disiplinler ve alanlar arasındaki bağlantıları ve karşılıklı bağımlılıkları anlamak için bir sistem perspektifi gerektirir. SD, eğitimcilerin ve araştırmacıların öğretme ve öğrenmeye yönelik entegre ve bütünsel yaklaşımlar geliştirmelerine yardımcı olarak konunun ve gerçek dünyadaki uygulamalarının daha derinlemesine anlaşılmasını sağlar (Elmas, Arslan, Pamuk, Peşman ve Sözbilir, 2021; Schultz, Lai, Ferguson ve Delaney, 2021). Eğitimcileri disiplin sınırlarını yıkmaya ve farklı konu alanları arasındaki bağlantıları keşfetmeye teşvik eder (York ve Orgill, 2020). Bu yaklaşım, öğrencilerin çeşitli disiplinlerin birbiriyle ilgisini ve bağlantısını görmelerine yardımcı olarak dünyanın daha bütüncül bir şekilde anlaşılmasını sağlar. SD'nin eğitimdeki bir diğer kilit önemi, öğrenciler arasında üst düzey düşünme becerilerini ve problem çözme yeteneklerini teşvik etme kabiliyetidir. Öğrenciler, karmaşık sorunları ve sistemleri inceleyerek eleştirel düşünme, analitik muhakeme, desenleri ve ilişkileri belirleme becerisi geliştirir (York ve Orgill, 2020). Bu, onları disiplinler arası bilgi ve karmaşık sistemlerde gezinme becerisi gerektiren gerçek dünya zorluklarının üstesinden gelmeye hazırlar. Ayrıca SD, öğrencilerin kendi öğrenmeleri için bir eylemlilik ve sorumluluk duygusu geliştirmelerine yardımcı olur (Hmelo-Silver ve Barrows, 2006). Bu, öz-yönelimli öğrenmeyi teşvik eder ve öğrencileri yaşam boyu öğrenen bireyler olmaları için güçlendirir. SD, öğrencilerin karmaşık sistemleri analiz etmeleri ve anlamaları için bir çerçeve sağlar ki bu da bilişimsel düşüncenin kilit bir yönüdür (Kafai ve Proctor, 2021).

Dolayısıyla, SD eğitimde büyük önem taşımaktadır. Üst düzey düşünme becerilerini, disiplinler arası öğrenmeyi, öğrenci eylemliliğini ve hesaplamalı düşünmeyi teşvik eder. Eğitimciler, SD yaklaşımını benimseyerek öğrencilere karmaşık sistemlerde gezinmek ve birbiriyle ilişkili bir dünyada başarılı olmak için gerekli araçları ve düşünce yapısını sağlayabilir. Bu nedenle, eğitimde SD'ye genel bir bakış sağlamak ve alandaki mevcut eğilimleri ve boşlukları belirlemek önemlidir. Bu sayede gelecekteki araştırmalara yön vererek araştırmacılara yeni fikirler sunulması beklentisi bulunmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma bibliyometrik bir analiz yöntemini benimseyerek eğitimde SD araştırmalarının bir incelemesini sunmayı amaçlamaktadır.

Bibliyometrik analiz, bilimsel verileri analiz etmek ve belirli bir alandaki eğilimleri keşfetmek için kullanılan bir yöntemdir. Böylece, bir alanın evrimi ve gelişmekte olan alanları hakkında görüş sağlanabilir. Bu analiz, atıflar ve yayınlar gibi büyük miktarda nesnel verinin incelenmesini içerir. Bu verilerin yorumları hem nesnel hem de öznel olabilir ve belirli bir çalışma alanının daha derinlemesine anlaşılmasına yol açabilir. İyi yapılmış bibliyometrik çalışmalar, alana genel bir bakış sağlayabilir, bilgi boşluklarını belirleyebilir, yeni araştırma fikirlerine ilham verebilir ve akademisyenlerin katkılarını konumlandırmalarına yardımcı olabilir (Donthu, Kumar, Mukherjee, Pandey ve Lim, 2021).

Bibliyometrik analizin temel önemi, çok sayıda çalışmayı analiz etmenin mümkün olabilmesidir (Zupic ve Čater, 2015). Bir araştırma alanının disiplinler yapısını anlamada, yayınların etki ve nüfuzunu değerlendirmede, eğilimleri, ortaya çıkan konuları ve alan yazındaki boşlukları belirlemede, delile dayalı karar vermeyi desteklemede, araştırma değerlendirmesini geliştirmede ve stratejik planlama ve kaynak tahsisini bilgilendirmede önemli bir rol oynar (Leydesdorff ve Rafols, 2009; Taris, 2006).

Bibliyometrik analizler yapmak için araştırmacılar genellikle ilgili yayınlara ulaşmak amacıyla Scopus ve Web of Science (WoS) gibi veri tabanlarını kullanmaktadır (Hyk, Vysochan ve Vysochan, 2022). Bu veri tabanları, bilimsel makalelerin kapsamlı bir derlemesini sunmakta ve araştırmacıların atıf örüntülerini analiz etmelerine ve temsili veri kümeleri oluşturmalarına olanak sağlamaktadır (Hyk vd., 2022). Bununla birlikte, bibliyometrik analizlerdeki verilerin kapsamının, erişim kaynağı ve kullanılan bileşik sorguyla sınırlı olduğunu belirtmek önemlidir (Chen, 2017). Ayrıca, VOSviewer gibi görselleştirme yazılımlarının seçimi de analizi etkileyebilir (Ng, Liu, Shah, Wieland ve Moher, 2023). Bibliyometrik analizler yaparak araştırmacılar, bir araştırma konusunun manzarası hakkında fikir edinebilir ve gelecekteki araştırmaların yönünü tespit edebilirler. Ancak, bu analizlerde kullanılan veri kaynaklarının ve görselleştirme yazılımlarının sınırlamalarını göz önünde bulundurmak önemlidir.

Son yıllarda bibliyometrik yöntem, diğer birçok alanda olduğu gibi eğitim alanında da popüler hale gelmiştir. Eğitimin farklı alanlarında çok sayıda bibliyometrik çalışma (Abramo, D'Angelo ve Di Costa, 2009; Hallinger ve Kovačević, 2019; Heradio vd., 2016; Martin vd., 2011) yapıldığı görülmektedir. UNESCO'nun 2030 Çerçevesi'nde belirtilen sürdürülebilirlik için eğitimin sekiz yeterliliğinden biri olan SD, son yıllarda eğitim araştırmaları için önemli bir konum edinmiştir. Hossain ve diğerlerinin (2020) SD alanına kapsamlı bir bakış sağlamayı amaçlayan çalışması, SD'yi ele alan tek bibliyometrik çalışmadır. Literatürde, STEM eğitiminde SD'yi ele alan sadece Bielik, Delen, Krell ve Ben-Zvi Assaraf (2023) tarafından yapılan yeni bir çalışma bulunmaktadır. Ancak alan yazında genel olarak eğitimde SD'yi ele alan bir bibliyometrik analiz bulunmamaktadır. Veri tabanı taraması, eğitimde SD ile ilgili çok sayıda bilimsel yayın olduğunu ortaya koymuştur. Bu yayınların tamamına genel bir bakışa sahip olmanın ancak bibliyometrik bir analizle mümkün olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, bu çalışma WoS veri tabanında yayınlanan ve taranan çalışmaların bibliyometrik analizi yoluyla eğitim araştırmalarında SD'ye genel bir bakış sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda bibliyometrik analizin, eğitimde SD alanının disiplinler yapısının anlaşılmasında, bilimsel yayınların alan yazındaki etkisinin değerlendirilmesinde, alandaki araştırma eğilimlerinin, popüler konularının ve boşlukların belirlenmesinde ve eğitim bağlamında SD ile ilgili gelecekteki araştırma alanlarının aydınlatılmasında önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın, özellikle sürdürülebilir kalkınma için eğitim, eğitim yönetimi, fen eğitimi, eğitim programları vb. alanlarda çalışan eğitim araştırmacılarına, eğitim alanında SD'nin genel perspektifini sunacağı düşünülmektedir. Eğitim araştırmacılarının bu çalışmadan yola çıkarak çeşitli kuramsal ve uygulamalı çalışmalara yönelik katkıda bulunmaları beklenmektedir.

Bu çalışma, SD alan yazınının dinamiklerini tanımlamakta ve araştırmacılara dönemsel süreç, mevcut durum ve gelecekteki yönelimlere ilişkin derinlemesine bilgi sunmaktadır. Bu amaçlara ulaşmak için çalışmada aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmaktadır.

- SD alan yazınının eğitim alanındaki etkin yönleri nelerdir?
- Bilimsel üretim, ana akım dergiler ve yazarlar, eğilimlerdeki değişimler, ana temalar ve ağlar dikkate alındığında eğitimde SD araştırmaları konusundaki akademik eğilimler nelerdir?
- Gelecekteki araştırmalar için mevcut alan yazından ne gibi kapsamlı dersler çıkarılabilir?

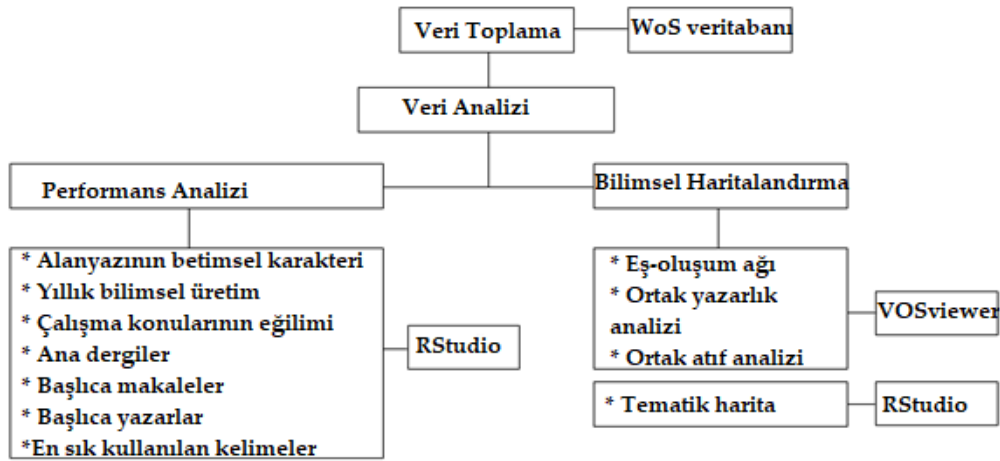
Yöntem

Bibliyometrik analiz, bilgi birikim kalıpları, temaların tarihsel gelişimi, yayınlanan materyalde en sık kullanılan kelimeler vb. bilgileri görüntüleyerek araştırma alanının dinamiklerini incelemek için daha geniş bir bakış açısı sağlar (Pinto vd., 2019; Zupic ve Čater, 2015). Bu çalışmada, eğitimde SD araştırmalarının sistematik bir değerlendirmesini özetleme ve araştırma alanındaki ilgili gelişmeleri, etkileri ve eğilimleri analiz etme fırsatı sağlamak için bibliyometrik analiz yöntemi seçilmiştir.

Veri toplama sürecinde, eğitimde SD araştırmalarına ilişkin çalışmaları tespit etmek için "system* thinking"³ ve "education" anahtar kelimeler olarak belirlenmiştir. Bu amaçla, Ocak 2022'de WoS veri tabanının *topic* alanında arama sorgusu yapılarak çevrimiçi bir tarama gerçekleştirilmiş ve karşılığında 1579 doküman elde edilmiştir. Daha sonra, buna göre aşağıdaki filtreleme ölçütleri kullanılmıştır: Yayın yılları=Erken erişim hariç tüm yıllar (1984-2022); Belge türü=Makale; Dil=İngilizce. Arama sonucunda, analiz için 459 kaynaktan toplam 1020 makaleye ulaşılmıştır. Bu çalışmada analiz için kullanılan araçlar arasında RStudio, Biblioshiny web uygulaması (sürüm 4.0.2) ve VOSviewer yazılımı (sürüm 1.6.19) bulunmaktadır.

Bibliyometrik analiz teknikleri iki kategoriye ayrılır: (1) performans analizi ve (2) bilimsel haritalama. Performans analizi araştırma bileşenlerinin belirli bir alana katkılarını incelerken, bilimsel haritalama araştırma bileşenleri arasındaki ilişkilere odaklanmaktadır (Donthu vd., 2021). Şekil 1, bu çalışmada kullanılan analiz tekniklerini ve araçlarını göstermektedir.

³ Arama sorgusu için "sistem* düşüncesi" ifadesinin kullanılmasının nedeni, "sistem düşüncesi" ifadesinin yayınlarda "sistem düşüncesi" ve "sistemik düşünce" gibi ilgili biçimlerde yer almasıdır.



Şekil 1. Bibliyometrik analiz süreci

Çalışmanın hedeflerine ulaşmak için hem performans analizi hem de bilimsel haritalama kullanılmıştır. Performans analizi, kaynaklar, yayınlar ve yazarlar aracılığıyla alan yazının genel özelliklerini tanımlamanın yanı sıra toplam veya ortalama analiz birimi sayısı, verimlilik ve atıf ölçümleri hakkında bilgi sunmak için RStudio ile yapılmıştır. Bilimsel haritalama analizi VOSviewer ile yapılmıştır.

Bibliyometrik analizde güvenilirlik ve geçerlilik de önemli kavramlardır. Güvenilir bir bibliyometrik analiz, aynı veriler ve metodoloji kullanılarak tekrarlandığında tutarlı sonuçlar vermelidir (Hussain, Zakuan, Yaacob, Hashim ve Hasan, 2023). Bibliyometrik analiz bağlamında geçerlilik, analiz bilimsel etki, araştırma eğilimleri veya ilgilenilen diğer değişkenlerin ilgili yönlerini doğru bir şekilde kapsamasını sağlar (Cronbach ve Meehl, 1955).

Bibliyometrik analizde güvenilirlik ve geçerliliği sağlamak için çalışma dikkatli bir şekilde tasarlanmalıdır. Bu, ilgili yayınları almak için Scopus veya WoS gibi güvenilir ve kapsamlı veri tabanlarının kullanılmasını içerir (Hussain vd., 2023). Analiz edilecek yayınları seçmek için net dâhil etme ve hariç tutma ölçütleri belirlemek de önemlidir. Ayrıca, araştırmacılar bibliyometrik analizlerde veri kaynaklarının kapsamı ve kalitesi, göstergelerin veya ölçütlerin seçimi ve kendi kendine atıfların potansiyel etkisi gibi sınırlamaları ve potansiyel önyargıları göz önünde bulundurmalıdır (Bollen, Sompel, Hagberg ve Chute, 2009).

Bu çalışmada, WoS gibi güvenilir ve kapsamlı bir veri tabanı seçilmiştir çünkü bu veri tabanında taranan yayınların en yüksek etki faktörlerine sahip olduğu düşünülmektedir. WoS'ta eğitimde SD içeren bilimsel makaleleri ayırt etmek için gerekli arama ölçütleri belirlenmiş ve bibliyometrik analizi gerçekleştirmek için RStudio, Biblioshiny ve VOSviewer gibi güvenilir yazılımlar kullanılmıştır. Böylece çalışmanın güvenilirliği ve geçerliliği sağlanmıştır.

Elde edilen veri setindeki makalelerin tek tek incelenmesi sonucunda sağlık eğitimi, müze eğitimi, hemşirelik vb. alanlarla ilgili çalışmaların eğitimle ilgili olduğu varsayılmıştır. Öte yandan veri setinin oluşturulmasında yayınların dilinin İngilizce ile sınırlandırılması ve yayınlardan sadece makalelerin seçilmesi çalışmanın sınırlılıkları olarak gösterilebilir. Ayrıca analiz yapıldığı tarihte 2023 yılının tamamlanmamış olması analiz betimleyici niteliğini etkilediğinden bu yılın kapsam dışı bırakılması da analiz bir sınırlılığı olarak gösterilebilir. Son olarak, bu çalışma WoS'taki yayınları kapsamaktadır. Scopus vb. veri tabanlarındaki yayınların analize dâhil edilmemiş olması analiz bir diğer kısıtlılığı olarak gösterilebilir. Ancak analize dâhil edilen yayınların neredeyse tamamının Scopus'ta da tarandığı görülmüştür. Bu nedenle bu sınırlamanın analiz sonuçları üzerinde önemli bir etkisi olmadığı düşünülmektedir.

Bulgular

Bu bölümde, WoS veri tabanında yayınlanan makalelerdeki eğitimde SD araştırmalarının performans ve bilimsel haritalama analizlerinin sonuçları sunulacaktır. Bir sonraki bölümde bu sonuçlara ilişkin tartışmalar ve sonuçlar sergilenecektir.

Alanyazının Betimsel Karakteri

Tablo 1, eğitimde SD araştırmalarına ilişkin alan yazının tanımlayıcı özelliklerini özetlemektedir. Bibliyometrik analizin gerçekleştirildiği araştırmada ortaya çıkan Aralık 1984'ten 2022'ye kadardır. Belirli ölçüt sınırlamaları yapıldıktan sonra toplam 1020 doküman analize dâhil edilmiştir.

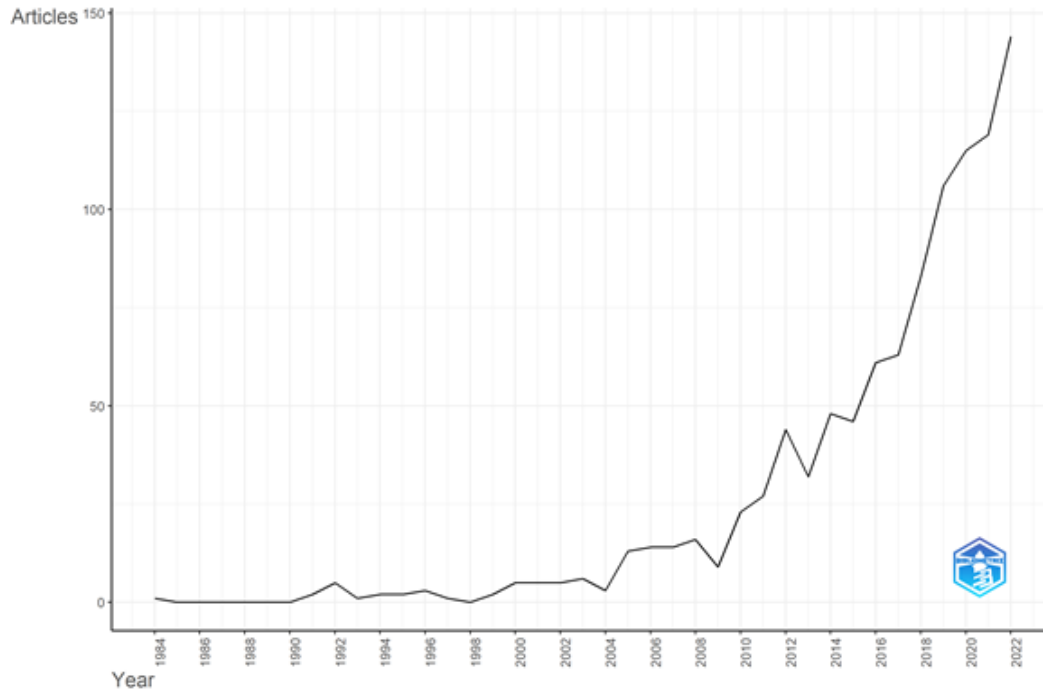
Elde edilen verilere göre, yayınların yıllık büyüme oranı 13,97'dir ve bu da araştırma alanının dinamik ve büyümekte olduğunu göstermektedir. Doküman başına atıf ortalamasının 12,98 olması, makalelerin iyi nitelikte olduğunu ve diğer çalışmalar tarafından yoğun bir şekilde atıf aldığını göstermektedir. Analizdeki belgelerin ortalama yaşı 6,59'dur ve bu da araştırma alanının oldukça yeni olduğunu vurgulamaktadır.

Tablo 1. Eğitimde SD araştırmalarının betimsel karakteri

Özellik	Bulgu
Veri Hakkındaki Ana Bilgi	
Zaman Aralığı	1984:2022
Kaynaklar (Makaleler, Kitaplar, vs.)	459
Metinler	1020
Yıllık Artış Oranı%	13,97
Metinlerin Ortalama Yaşı	6,59
Metin Başına Ortalama Atıf Sayısı	12,98
Kullanılan Toplam Kaynaklar	40822
Metin Türleri	
Makale	1020
Metin İçeriği	
Ek Anahtar Kelimeler (ID)	1333
Yazarların Kullandığı Anahtar Kelimeler (DE)	2937
Yazarlar	
Yazarlar	2948
Tek Yazarlık Metinlerin Yazarları	201
Yazarlar Arası İşbirliği	
Tek-yazarlı metinler	210
Ortak Yazarlı Metin Başına Düşen Yazar Sayısı Ortalaması	3,24
Uluslararası Ortak Yazarlı Metin Oranı %	20,78

Yıllık Bilimsel Üretim

Eğitimde SD'nin bilimsel üretimi milenyumun başından bu yana sürekli artmıştır (bkz. Şekil 2). Başlangıçta artış yavaş olsa da 2015'ten bu yana yeni bir düşünme becerisinin kullanılmasının gerekliliğinin farkına varılması nedeniyle eğitim araştırmacıları arasında SD'ye yönelik ilgi artmıştır. Bilimsel üretimdeki bu artış, eğitim araştırmacılarının eğitime verimlilik ve nitelik kazandırmak için olası bir çözüm olarak SD hakkında daha fazla bilgi edinmeye yönelik ilgisini de vurgulamaktadır.



Şekil 2. Eğitimde SD araştırmalarının yıllık bilimsel üretimi.

Bu eğilim, sürdürülebilirlik konusunda artan uluslararası faaliyetlerle de açıklanabilir. Özellikle UNESCO'nun 2015 yılında 2030 Çerçevesi'ni ilan etmesinden sonra (UNESCO, 2016) yayın sayısı katlanarak artmıştır. Her ne kadar 2015 yılı eğitimde SD araştırmalarının yaygınlaşması için bir mihenk taşı olarak görülebilse de, sürdürülebilirliğin temel hedef olarak belirlendiği Eylül 2000'deki Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Hedefleri'nden (UN, 2000) bu yana yayınlarda istikrarlı bir artış başlamıştır.

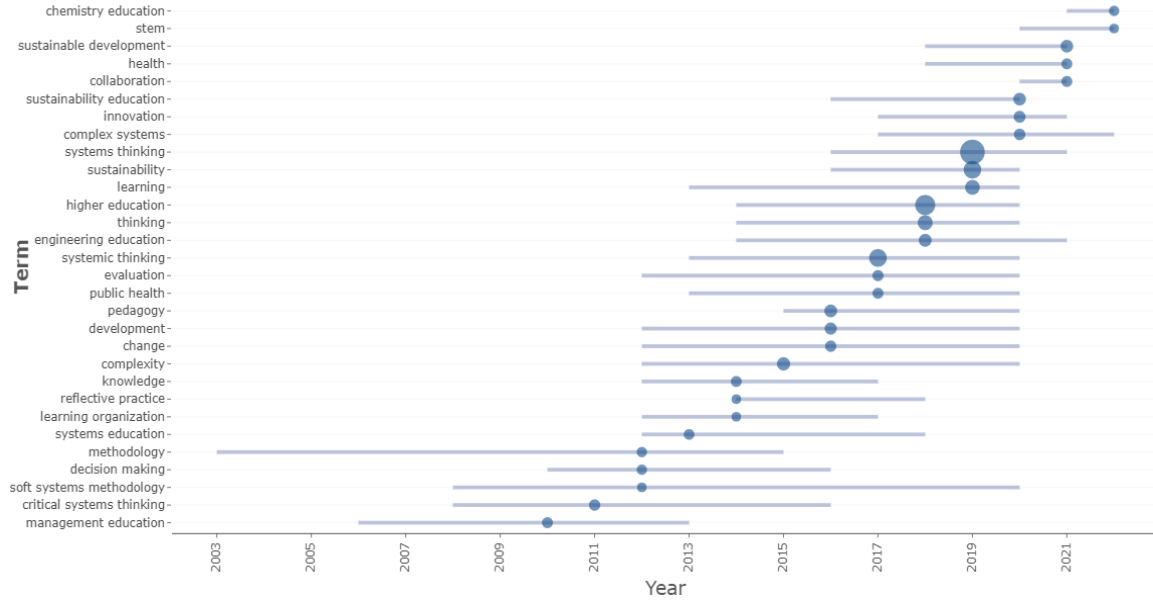
Dolayısıyla, bir alan olarak eğitimde SD'nin henüz doygunluğa ulaşmadığı ve çeşitli gelişmelere açık olduğu söylenebilir. Bu sonuçlar, Hossain ve diğerleri (2020) tarafından sürdürülebilirlik konusunda yapılan ve milenyumun başından itibaren SD yayınlarındaki bu büyüme eğilimini vurgulayan benzer bir çalışmanın sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Çalışma Konularının Eğilimi

Bu çalışmada, 1984'ten 2022'ye kadar eğitimde SD üzerine yayınlanan 1020 makaleden 2937 yazarın anahtar kelimeleri toplanmıştır. Şekil 3, yazarlar tarafından en çok kullanılan anahtar kelimelerin tarihsel gelişim grafiğini göstermektedir. Grafiğin x eksenini yılları, y eksenini ise makalelerde kullanılan anahtar kelime veya terimleri göstermektedir. Grafikteki yatay çizgiler evrimsel süreci, mavi noktalar ise ilgili anahtar kelime ile yayınlanan makalelerin yıl ortalamasını temsil etmektedir. Grafikteki noktaların boyutu, ilgili anahtar kelimelerin sıklığını göstermektedir. Başka bir deyişle, çizgi üzerinde daha büyük bir daire, ilgili anahtar kelimeyi içeren daha fazla makalenin ilgili zaman diliminde yayımlandığını gösterir. Örneğin, grafikte yer alan "sistem düşüncesi" anahtar kelimesi 2016-2021 yılları arasında yoğun olarak kullanılmış ve 2019 yılında zirve yapmıştır. Benzer şekilde, 2016-2020 yılları arasında sıklıkla kullanılan "sürdürülebilirlik" anahtar kelimesi yazarlar tarafından en çok 2019 yılında kullanılırken, 2014-2020 yılları arasında yoğun olarak kullanılan "yükseköğretim" anahtar kelimesi 2018 yılında zirve yapmıştır.

Şekil 3, anahtar kelimeler için en uzun sürenin "metodoloji" ve " yazılım sistemleri metodolojisi" için gözlemlendiğini göstermektedir. SD ile yakından ilişkili olan eleştirel sistem düşüncesi de son on yılda yaygın bir anahtar kelime olarak karşımıza çıkmaktadır. SD, sürdürülebilirlik, sistemik düşünme ve yükseköğretim bu alandaki temel çalışma konularıdır. Son zamanlarda sağlık, kimya eğitimi ve STEM (fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi) araştırma alanındaki sıcak konular olarak

karşımıza çıkmaktadır. Özellikle son yıllarda "sürdürülebilirlik eğitimi" ve "sürdürülebilir kalkınma" gibi kavramlar bağlamında SD'nin yeniden gündeme geldiği ve popülaritesinin arttığı görülmektedir.



Şekil 3. Biblioshiny©'de Yazarların anahtar kelimelerine dayalı konu eğilim analizi

Eğitim Literatüründe SD'nin Etkili Yönleri

Ana Dergiler

Çalışmada araştırma alanının çekirdek dergilerini bulmak için kaynak etki ve Bradford Yasası analizleri kullanılmıştır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 2), eğitimde SD araştırmaları konusunda bu dergilerde yayımlanan makalelerin h-endeksine göre ilk on dergi listelenmiştir. Listenin her satırında m ve g-endeksleri, toplam atıf sayıları (TA), yayın sayısı (YS) ve yayın başlangıç yılı (YA-Başlangıcı) da gösterilmektedir. Gelecekteki başarıyı tahmin etmede h-endeksi göstergesinin diğer göstergelere kıyasla daha iyi olduğu bulunmuştur (Hirsch, 2007).

Tablo 2. Etki değerlendirmesine göre ilk on dergi

Dergiler	h-endeksi	g-endeksi	m-endeksi	TA	YS	YA-Başlangıcı
Journal of Chemical Education	18	25	1.385	787	51	2011
International Journal of Sustainability in Higher Education	12	19	1.000	366	25	2012
Journal of Cleaner Production	12	14	0.857	655	14	2010
Sustainability	12	19	1.000	420	51	2012
International Journal of Science Education	11	18	0.478	412	18	2001
Academic Medicine	9	11	0.281	273	11	1992
Systems Research and Behavioral Science	9	16	0.360	286	30	1999
Journal of Research in Science Teaching	8	10	0.381	683	10	2003
Systems Practice and Action Research	7	10	0.292	165	31	2000
Systems	7	8	0.700	89	13	2014

Tablo 2'ye göre, h-endeksi ile ilgili birinci sıradaki derginin *Journal of Chemical Education* olduğu görülmektedir. Tabloda listelenen 254 makale arasında toplam 105 atıf alınmıştır. Ancak h-endeksi hesaplamalarında her bilimsel disiplinin kendine özgü atıf stili dikkate alındığından (Bornmann ve Daniel, 2007), bu endeksi disiplinler arası bir çalışmada yorumlamak doğru olmayacaktır. G-

endeksinde atıf performansı hesaplanırken en çok okunan makalelere hesaplamalarda daha fazla önem verilmektedir (Egghe, 2006). *Journal of Chemical Education* 25 değeri ile g-endeksinde göre yine en yüksek kaynaktır. 254 yayının 150'si g-endeksinde listelenmiştir. Bu 150 yayının 25'i *Journal of Chemical Education*'da yayımlanan makalelere aittir. m-endeksi, h-endeksinin derginin aktif olduğu yıl sayısına bölünmesiyle hesaplanmaktadır. *Journal of Chemical Education* 1.385 değeri ile m-endeksinde yine ilk sırada yer almaktadır. Kaynaklar toplam atıf sayısı (TA) ve toplam yayın sayısı (TY) açısından incelendiğinde, *Journal of Chemical Education*'ın 787 atıfla ilk sırada yer aldığı ve Tablo 2'deki ilk 10 dergide yayımlanan 254 makalenin 51'ine sahip olan *Sustainability* dergisi ile birinciliği paylaştığı görülmektedir. Buna göre, ilk yayın tarihi (YA-Başlangıcı) 2011 olmasına rağmen, araştırma alanındaki en etkili derginin *Journal of Chemical Education* olduğu ve en etkili çalışmaların burada yayımlandığı söylenebilir.

Tablo 2'de dikkat çeken bir diğer nokta ise bazı dergilerin az sayıda makale yayınlamış olmalarına rağmen yüksek atıf sayılarına ve alandaki yüksek etki oranlarına (h-endeksi, g-endeksi vb.) sahip olmalarıdır. Örneğin, 14 yayını bulunan *Cleaner Production Journal*, 655 bağımsız yayından atıf almış ve 12 h-endeksi ve 14 g-endeksi ile araştırma alanında yüksek bir etkiye sahip olmuştur. Benzer şekilde, 18 yayını bulunan *International Journal of Science Education*, 412 bağımsız yayın tarafından atıf almış, h-endeksi 11 ve g-endeks 18 olmuştur.

Tablo 3. Bradford Yasası analizine göre dergi sıralaması

Dergiler	Sıralama	Frek	Bölge
Journal of Chemical Education	1	51	Bölge 1
Sustainability	2	51	Bölge 1
Systemic Practice and Action Research	3	31	Bölge 1
Systems Research and Behavioral Science	4	30	Bölge 1
International Journal of Sustainability in Higher Education	5	25	Bölge 1
International Journal of Science Education	6	18	Bölge 1
Education Sciences	7	14	Bölge 1
Journal of Cleaner Production	8	14	Bölge 1
Systems	9	13	Bölge 1
International Journal of Engineering Education	10	12	Bölge 1
Kybernetes	11	12	Bölge 1

Tablo 3, ilgili dergilerdeki makalelerin dağılımını tanımlayan Bradford Yasası'nın analizine dayalı olarak dergilerin sıralamasını göstermektedir (Garfield, 1980). Bu analiz, araştırma alanındaki temel kaynakları göstermektedir. Kaynaklar yayın sıklıklarına (frekans) göre büyükten küçüğe doğru sıralandığında, dergiler üç bölgeye ayrılmıştır. Bölge 1'de yer alan dergiler, eğitimde SD araştırma makalelerindeki ana dergileri temsil etmektedir. Bu analize göre, 459 derginin 19'u 1. bölgede yer almaktadır. Bölge 1'deki ilk on dergi Tablo 3'te gösterilmiştir, ancak *International Journal of Engineering Education* ve *Kybernetes* dergilerinin her ikisi de 12 frekans sayısını paylaşmaktadır, bu nedenle her ikisi de tabloda listelenmiştir. *Journal of Chemical Education* bu analizde de ilk sırada yer almaktadır.

Tablo 3'teki listeye göre, fen eğitimi, STEM, sürdürülebilirlik vb. konulara odaklanan dergilerin SD ile ilgili yayın yapma sıklığı daha yüksektir. Dolayısıyla SD'nin fen eğitimi alanında daha fazla kullanılan bir araştırma konusu olduğu söylenebilir. Çalışmanın geri kalanındaki bulgular ve bu alandaki literatür de bu bulguyu doğrulamaktadır.

Başlıca Makaleler

Eğitimde SD araştırmalarında başlıca veya öncü makaleler, makalelerin aldığı atıf sayısına göre belirlenebilir. Bir makalenin aldığı atıf sayısı iki şekilde hesaplanabilir. Birinci yol, bir makalenin tüm WoS veri tabanındaki tüm yayınlardan aldığı toplam atıf puanını ölçmektir ki buna genel atıf sayısı (GAS) denir. Atıf puanını hesaplamamanın ikinci yolu ise bir makalenin eğitimde SD araştırması kapsamında veri setindeki yayınlar tarafından yapılan atıflarını saymaktır ki buna da yerel atıf sayısı (YAS) denir (Aria ve Cuccurullo, 2017). Tablo 4, GAS ve YAS'a göre ilk on makaleyi listelemektedir.

YAS'a göre en çok atıf alan iki makale "Development of system thinking skills in the context of earth system education" (Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2005) ve "Systems thinking skills at the elementary school level" (Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2010a) olarak gözlenmektedir. Her iki makale de Orit Ben-Zvi Assaraf ve Nir Orion tarafından yazılmıştır ve bu çalışmanın odağı dışında kalan diğer araştırmalar tarafından da kapsamlı bir şekilde alıntılanmıştır. Ben-Zvi Assaraf ve Orion bu iki makaleyi beş yıl arayla yayınlamışlardır, araştırma konuları ve metodolojileri her iki yayında da neredeyse aynıdır. İlk makalede örneklem evreni ortaokul öğrencileri, ikincisinde ise ilkokul öğrencileridir. Her iki makalede de yazarlar su döngüsünü yer sistemi eğitimi bağlamında kullanmışlardır. Böylece bu makaleler özellikle biyoloji, kimya ve STEM gibi fen eğitiminde etkili olmuştur. Ben-Zvi Assaraf ve Orion, aşağıdaki bölümde görülebileceği üzere, ayrıca eğitimde SD araştırmalarının en etkili ilk on yazarı arasında yer almaktadır. Bu veriler de söz konusu makalelerin etkisini kanıtlamaktadır.

YAS kapsamında en çok atıf alan üçüncü makale Werner Riess ve Christoph Mischo (2010) tarafından yazılan "Promoting systems thinking through biology lesson" başlıklı makaledir. Bu makale, Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim alanında SD'nin teşvik edilmesine yönelik farklı yaklaşımların bir değerlendirmesidir. Makalenin yazarları değerlendirmelerinin bağlamı olarak biyoloji dersini kullanmışlardır ancak yazarlar tarafından kullanılan anahtar kelimeler (öğretim yöntemleri, problem çözme, sistem teorisi, değerlendirme, fen eğitimi) genel fen eğitimi ile ilgilendiklerini göstermektedir.

En çok atıf alan dokümanlar olarak listelenen diğer makaleler, eğitimde SD becerilerinin kazandırılmasıyla ilgili çalışmaların çoğunlukla fen eğitimi konularıyla ilgili olduğunu göstermektedir: kimya, biyoloji, ekoloji, jeoloji vb. Bunların yanı sıra, Marco Rieckmann (2012) tarafından kaleme alınan ve dünya çapında en çok atıf alan makale, yükseköğretim düzeyinde SD eğitimine olan ilgiye işaret etmektedir. Rieckmann (2012), yükseköğretimde geliştirilmesi gereken en önemli yetkinliklerin SD, öngörüsül düşünme ve eleştirel düşünme olduğunu savunmaktadır.

Tablo 4. Yayınları Yerel Atıf Sayısı (YAS) ve Genel Atıf Sayısı (GAS)

Makale	Yazar(lar)	Dergi	Yıl	YAS	GAS
Development of system thinking skills in the context of earth system education	Orit Ben-Zvi Assaraf, Nir Orion	Journal of Research in Science Teaching	2005	95	271
System thinking skills at the elementary school level	Orit Ben-Zvi Assaraf, Nir Orion	Journal of Research in Science Teaching	2010a	31	88
Promoting systems thinking through biology lessons	Werner Riess, Christoph Mischo	International Journal of Science Education	2010	28	66
Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning?	Marco Rieckmann	Futures	2012	25	394
Four case studies, six years later: Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time	Orit Ben-Zvi Assaraf, Nir Orion	Journal of Research in Science Teaching	2010b	24	65
The feasibility of systems thinking in biology education	Kerst Boersma	Journal of Biological Education	2011	23	32
Effect of knowledge integration activities on students' perception of the earth's crust as a cyclic system	Yael Kali, Nir Orion, Bat-Sheva Eylon	Journal of Research in Science Teaching	2003	20	76
Applications of systems thinking in STEM education	Sarah York, Rea Lavi, Yehudit Judy Dori MaryKay Orgill	Journal of Chemical Education	2019	19	49
Integrating the molecular basis of sustainability into general chemistry through systems thinking	Peter G. Mahaffy, Stephen A. Matlin, J. Marc Whalen, and Thomas A. Holme	Journal of Chemical Education	2019	17	39
Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology	Roald P. Verhoeff Arend Jan Waarlo Kerst Th. Boersma	International Journal of Science Education	2008	16	62

Başlıca Yazarlar

Tablo 5, h-endeksi sayılarına göre eğitimde SD araştırmalarının başlıca veya en etkili yazarlarını listelemektedir. Tablonun her satırında, g-endeksi (h-endeksinin en çok okunan makaleyi gösteren bir çeşidi) (Egghe, 2013), m-endeksi (h-endeksinin ilk yayından itibaren yıl başına h-endeksini gösteren bir başka çeşidi) (Hirsch, 2005), toplam atıf sayısı (TA), WoS veri tabanına dayalı toplam yayın sayısı (TY), her yazarın yayınlarının başlangıç yılı (YA-Başlangıcı) da verilmiştir.

Table 5. Eğitimde SD araştırmalarında ilk on yazar

Yazar	h-endeksi	g-endeksi	m-endeksi	TA	TY	YA-Başlangıcı
Dori, Y. J.	7	9	0.304	305	9	2001
Ben-Zvi Assaraf, O.	6	6	0.316	462	6	2005
Gonzalo, J. D.	6	9	0.857	167	9	2017
Houston, D.	5	6	0.263	196	6	2005
Orgill, M.	5	5	1.000	191	5	2019
Orion, N.	5	6	0.238	526	6	2003
Zoller, U.	5	5	0.217	150	5	2001
Ahmed, S.	4	5	0.571	37	5	2017
Camelia, F.	4	4	0.571	25	4	2017
Ferris, T. L. J.	4	4	0.571	25	4	2017

Dori, en yüksek h-endeksine sahip yazarlar listesinde ilk sırada yer almaktadır. Dori ve çalışma arkadaşlarının 2001 yılından itibaren bu alanda yayınladıkları toplam makale sayısı 9'dur ve diğer çalışmalardan toplam 305 atıf almıştır. Bu veri, Dori ve çalışma arkadaşlarının alandaki çalışmalarının önemini kanıtlamaktadır. Özellikle fen ve teknoloji eğitimi konusunda uzmanlaşan Dori, son dönemde mühendislik eğitimi konusunda da yayınlar yapmıştır. G-endeksine göre, Dori ve Gonzalo bu kategoride liderdir ve veri setindeki en çok atıf alan makalelerine en az 9 kez atıf yapılmıştır. M-endeksine göre sıralama yapıldığında Orgill listenin ilk sırasında yer almaktadır. Bu bulgu Orgill'in kısa sürede alana çok şey kattığını kanıtlamaktadır. Ben-Zvi Assaraf ve Orion sırasıyla 462 ve 526 atıfı diğer makalelerden en fazla atıf alan yazarlardır. Ancak her iki yazarın h-endeksi ve g-endeksi değerleri onları listenin üst sıralarına yerleştirememiştir.

En Sık Kullanılan Kelimeler

Eğitimde SD araştırmalarında sıklıkla kullanılan kelimeler Tablo 6'da gösterilmiştir. Tabloda Ek Anahtar Kelimeler, Yazarın Anahtar Kelimeleri, Başlık ve Özet olmak üzere dört bölüm bulunmaktadır. Ek Anahtar Kelimeler hariç neredeyse tüm bölümlerde "sistem düşüncesi" en yaygın kullanılan kelimedir. Ek Anahtar Kelimelerde "sistem düşüncesi" eğitim, bilim ve bilgiden sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Ek Anahtar Kelimelerde en sık kullanılan üç kelime eğitim, bilim ve bilgi olarak sıralanmaktadır. Bu da genel olarak fen eğitimi ile ilgili anahtar kelimelerin ön plana çıktığını göstermektedir. Sürdürülebilirlik ve ilgili kavramlar, araştırma alanındaki yayınların Yazarın Anahtar Kelimeleri, Başlık ve Özetlerinde yüksek oranda yer almaktadır. Kelime listesinde kimya ile ilgili kelimelerin yaygın olması, kimya ile ilgili eğitim araştırmalarının bu alanda önemli bir konu olduğunu göstermektedir. "Yükseköğretim", "mühendislik eğitimi" ve "tıp eğitimi" gibi kelimeler, eğitim alanındaki SD'nin üniversite düzeyindeki eğitim araştırmalarına odaklandığını göstermektedir. "Halk sağlığı" ve "hasta güvenliği" ile ilgili konular SD araştırmalarının tıp eğitimi yönüne işaret etmektedir. Ayrıca genel olarak, düşünme becerilerinin temel bir yeterliliği olarak SD, düşünme eğitimiyle ilgili her türlü konuyla ilişkilidir.

Tablo 6. Eğitimde SD araştırmalarında en sık kullanılan kelimeler

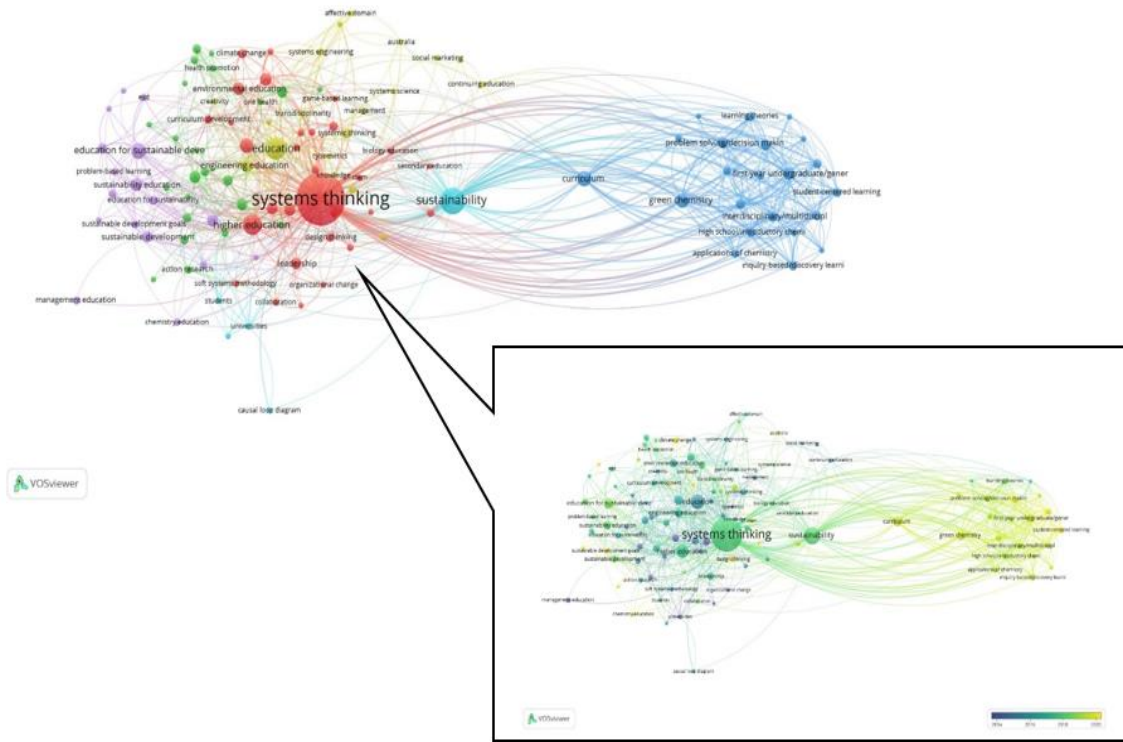
Ek Anahtar Kelimeler		Yazarların Anahtar Kelimeleri	
Kelimeler	Görülme Sıklığı	Kelimeler	Görülme Sıklığı
Eğitim	176	Sistem Düşüncesi	326
Fen	113	Eğitim	112
Bilgi	65	Sürdürülebilirlik	98
Sistem Düşüncesi	62	Sistemler	71
Öğrenciler	61	Yükseköğretim	52
Düşünme	56	Düşünme	48
Beceriler	54	Öğrenme	44
Çerçeve	49	Müfredat	35
Yönetim	41	Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim	26
Model	39	Çevreci Kimya	23
Başlık		Özet	
Kelimeler	Görülme Sıklığı	Kelimeler	Görülme Sıklığı
Sistem Düşüncesi	239	Sistem Düşüncesi	1230
Sürdürülebilir Kalkınma	35	Halk Sağlığı	169
Halk Sağlığı	25	Sürdürülebilir Kalkınma	167
Düşünme Becerileri	18	Düşünme Becerileri	105
Çevreci Kimya	17	Sistem Düşüncesi	99
Mühendislik Eğitimi	16	İklim Değişimi	78
Kimya Eğitimi	15	Kimya Eğitimi	76
Tıp Eğitimi	14	Sitemik Düşünme	71
Düşünme Yaklaşımı	14	Düşünme Yaklaşımı	71
Hasta Güvenliği	13	Çevreci Kimya	68

Kavramsal Çerçeve

Eş-oluşum Ağı

Anahtar kelimelerin analizinin eş oluşumu, diğer bir deyişle eş kelime analizi, ana araştırma konularını analiz etmek ve gelecekteki araştırmalar için yenilikçi temaları belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Mao, Guo, Fu ve Xiang, 2020; Merigó, Pedrycz, Weber ve de la Sotta, 2018). Bu analiz türü, belirli bir araştırma alanındaki yayınlarda kullanılan anahtar kelimeler arasındaki ilişkilerin önemini kavramak için geliştirilmiştir (Ferreira ve Robertson, 2020; Radhakrishnan, Erbis, Isaacs ve Kamarthi, 2017). Anahtar kelimelerin ortaya çıkışı, toplam bağlantı sayısı ve gücü, anahtar kelimelerin bağlantı güçlerini anlamak için kullanılan parametrelerdir. Bu nedenle, eş-oluşum analizi, bibliyometrik analiz altındaki alandaki belirli araştırma yönlerini anlamayı kolaylaştırır. Grafikteki düğüm boyutları anahtar kelimelerin sıklığını gösterir ve benzer bir alandan gelen veya benzer özelliklere sahip anahtar kelimeler, bir araştırma alanını temsil eden aynı kümede kategorize edilir.

Bu çalışmada, 1020 makale arasından en sık kullanılan anahtar kelimeler VOSviewer yazılımı ile analiz edilmiştir. Birlikte oluşum analizi sürecinde, bir anahtar kelimenin minimum oluşum sayısı 5 olarak ayarlandıktan sonra, 2828 anahtar kelimedenden 116'sı, toplam 1924 bağlantı gücüne sahip 800 bağlantıyı gösteren ağda görüntülenir ve altı kümeye ayrılır. Eş-oluşum analizi sonucunda farklı renklerle temsil edilen altı küme belirlenmiştir. Ortaya çıkan grafik Şekil 4'te görülebilir.



Şekil 4. Yıllara bağlı değişim görselleştirmesinin ek olarak verildiği eş-oluşum ağı.

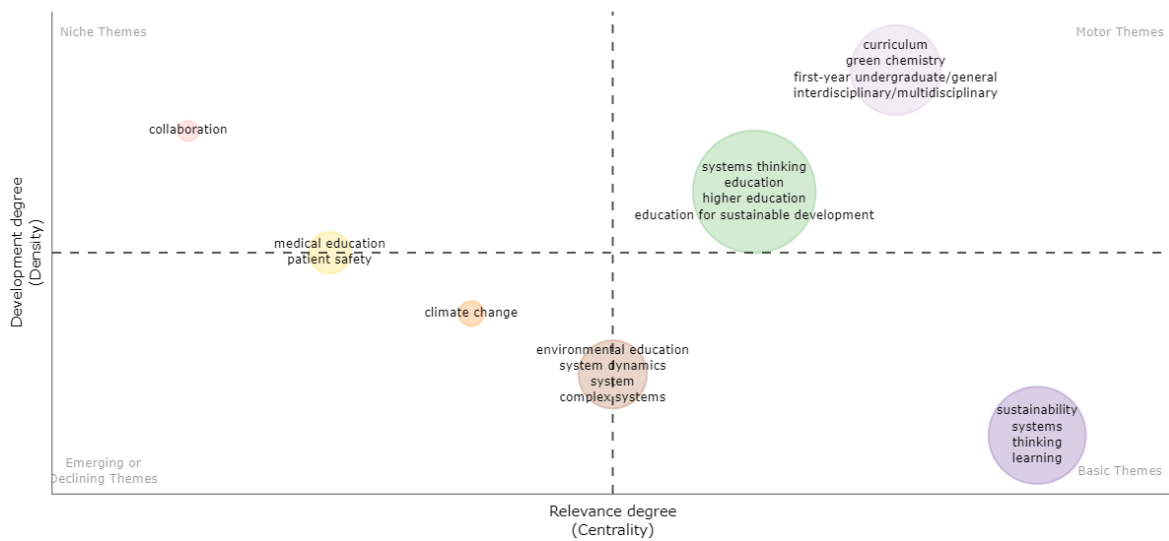
İlk kırmızı küme "sistem düşüncesi" ana konusunu ve SD ile doğrudan ilişkili kavramları temsil etmektedir. Bu kavramlar "sistem", "sistem dinamikleri", "tasarım odaklı düşünme", "karmaşıklık" ve "liderlik" olarak sıralanabilir. Yeşil kümede "pedagoji" ve "deneyimsel öğrenme" kavramları ön plana çıkmış olsa da bu kavramlar genel kullanımlarından ziyade sağlıkla ilgili terimlerle birlikte bu kümede yer almaktadır. Bunun nedeni özellikle son yıllarda SD'nin sağlık ve tıp alanındaki eğitim süreçlerinde kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Üçüncü mavi küme ise kimya alanındaki son araştırma eğilimini temsil etmektedir. Kimya alanında SD ile ilgili çalışmaların son birkaç yılda oldukça arttığı görülmektedir. Sürdürülebilirlik politikalarının yürürlüğe girmesiyle birlikte kimya eğitiminde de SD'ye dayalı çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Dördüncü sarı kümede ise "eğitim" in yanı sıra "zihinsel modeller", "sürekli öğrenme" ve "yaratıcılık" gibi kavramların yer aldığı görülmektedir. Bu küme aynı zamanda bu kavramlarla ilişkilendirilen mühendislik çalışmalarını da içermektedir. Mühendislik, SD'nin uzun yıllardır yoğun olarak kullanıldığı bir alan olarak düşünülebilir. Sistem mühendisliği, mühendislik eğitimi, sibernetik ve sistem bilimi bu alanla ilgili olarak ortaya çıkan kavramlardır. Beşinci mor küme, eğitimin sürdürülebilirlikle buluştuğu araştırma alanını temsil etmektedir. Sürdürülebilirlik kavramı nispeten yeni değildir. Ancak son yıllarda sürdürülebilirliğin geliştirilmesi ve eğitim alanında yeni yetkinliklerin tanımlanması birçok disiplinde en popüler konu olmuştur. SD, sürdürülebilir kalkınmanın tesis edilmesi için en önemli yetkinliklerden biridir. Son turkuaz küme sürdürülebilirliği temsil eden merkezi kümedir. Sürdürülebilirliğin yanı sıra "yetkinlikler", "öğrenciler", "üniversiteler" gibi kavramlar da eğitim alanıyla ilgili olduğu için bu küme mor kümeye dahil edilebilir.

Tematik Harita

Bibliyometrik analizde tematik harita, temaların yoğunluğuna (grafığın y eksenine) ve merkeziliğine (grafığın x eksenine) dayalı olarak araştırma temalarının önemini ve gelişimini analiz etmek için kullanılır. Merkezilik ölçütü, konunun önemini gösteren farklı konular arasındaki ilişkinin derecesini belirtirken, yoğunluk ölçütü ilgili tema için yayın sayısının zaman içindeki gelişimini verir.

Aşağıda yer alan Şekil 5, eğitimde SD araştırmalarının tematik haritasını vermektedir. Grafikte, her biri odaklanılan temanın önemi ve gelişimine ilişkin farklı anlamlar ifade eden dört kadran bulunmaktadır. Örneğin, sol alt kısımdaki temalar yeni ortaya çıkan veya azalan temalardır. Haritanın sağ alt kısmında ise temel temalar yer almaktadır. Bunlar merkezilik bakımından yüksek ancak yoğunluk bakımından düşük temalardır. Bu da bu temaların geçmişte en çok çalışılan temalar olduğu anlamına gelmektedir. Tematik haritanın sol üst kısmı daha düşük merkezilikli ve yüksek yoğunluklu temaları temsil etmektedir. Bu temalar oldukça gelişmiştir ancak düşük merkezilikleri izole olduklarını göstermektedir. Son olarak, haritanın sağ üst kısmı motor temalar olarak adlandırılan temel ve gelişmiş temaları temsil etmektedir (Ahmi, 2021).

Şekil 5'teki tematik harita, 1984'ten 2022'ye kadar tam zamanlı bir zaman dilimi temel alınarak oluşturulmuştur. Analizde toplam 350 başlıca anahtar kelime kullanılmıştır. Biblioshiny®'de kümelerde gösterilen temalar minimum 8 frekansa ve her temadaki temsili etiket sayısı 3'e ayarlanmıştır.



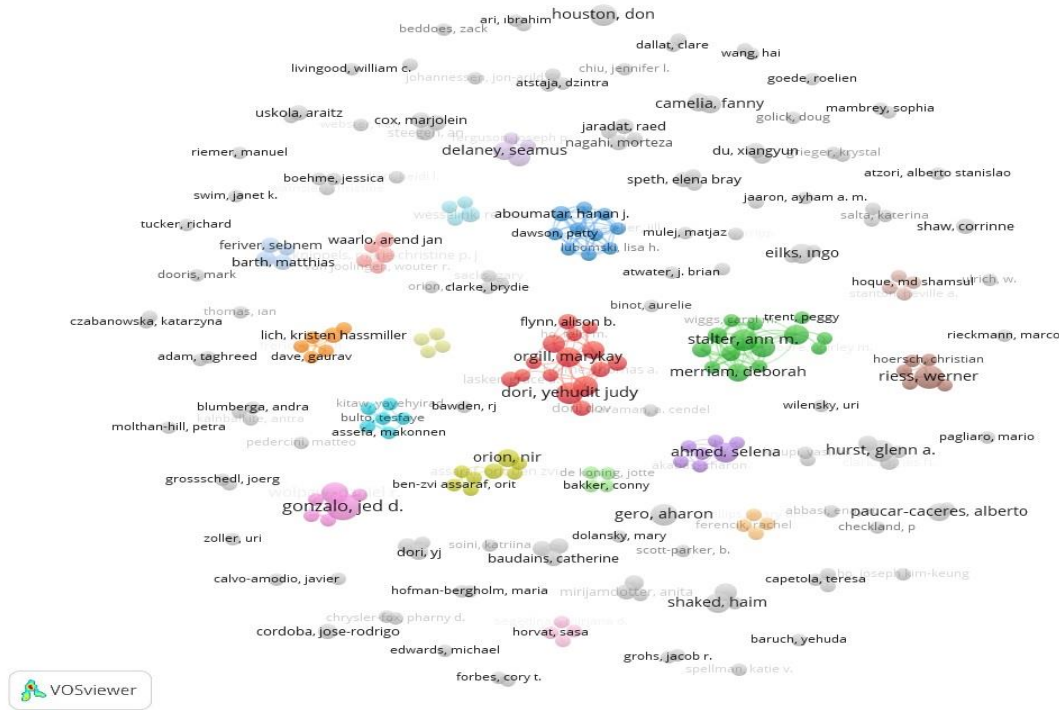
Şekil 5. Eğitimde SD araştırmalarının tematik haritası.

Temel temalar kadranında sürdürülebilirlik, SD ve öğrenme ile ilgili temalar öne çıkmaktadır. Bu durum, bu temaların geçmişte iyi çalışıldığını ve son zamanlarda merkeziliklerini kaybettiklerini göstermektedir. Haritadaki motor temaların iki kümede yer aldığı görülmektedir. İlk küme sistem düşüncesi, eğitim, yükseköğretim ve sürdürülebilir kalkınma için eğitim gibi temalardan oluşmaktadır. Bu küme başlı başına sürdürülebilir kalkınma için eğitime yönelik araştırma ilgisini kanıtlamaktadır. Müfredat, çevreci kimya, birinci sınıf lisans/genel eğitim ve disiplinler arası/çok disiplinlilik ile ilgili temalar da motor temalar kadranındaki bir diğer kümeyi oluşturmaktadır. Bu temalarla ilgili çalışmalar hem yoğunluk hem de merkezilik açısından daha yüksektir, bu da mevcut ve gelecekteki çalışmaların bu temalara daha fazla odaklandığı anlamına gelmektedir. Tıp eğitimi ve hasta güvenliği ile ilgili temalar da haritanın yoğunluk ekseninde yer alan bir başka kümeyi oluşturmaktadır. Bu küme, son zamanlarda bu temalarla ilgili çalışmalara olan ilgiyi göstermektedir. Gelişmekte olan temalar kadranında iklim değişikliği de yeni bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır, çünkü iklim değişikliği 21. yüzyıl için ciddi bir sorundur. Bu temayla ilgili çalışmalar az olmakla birlikte artmaktadır. Çevre eğitimi kümesi iklim değişikliği kümesinin yakınında yer almaktadır. Dolayısıyla, çevre eğitimi ile ilgili temalar da iklim değişikliği ile birlikte görülebilir.

Ortak Yazarlık Analizi

Günümüz araştırma alanlarında bilimsel işbirliği, yayınlanan makaleler ve bu makalelerin ürettiği bilgi ile birlikte araştırma alanının karmaşıklığı arttıkça her geçen gün ihtiyaç haline gelmektedir. Her bir araştırma projesi için artan uzmanlaşma ihtiyacı ve farklı beceri ve bilgilerin bir araya getirilmesi gerekliliği, akademi içinde ve dışında bilimsel işbirliğini bir zorunluluk olarak

karşımıza çıkarmaktadır (Katz ve Martin, 1997; Sonnenwald, 2007). Bu koşullar altında, bilimsel işbirliği en iyi şekilde, ortak bir amacı gerçekleştirmek için ortak bir anlamı paylaşan ve görevleri yerine getiren iki veya daha fazla araştırmacı arasında sosyal bir bağlamda gerçekleşen etkileşim olarak tanımlanmaktadır (Sonnenwald, 2007). Bilimsel işbirliği sayesinde, araştırmanın kapsamı genişletilebilir ve yenilikler öngörülemez doğrultuda teşvik edilebilir (Beaver, 2001).



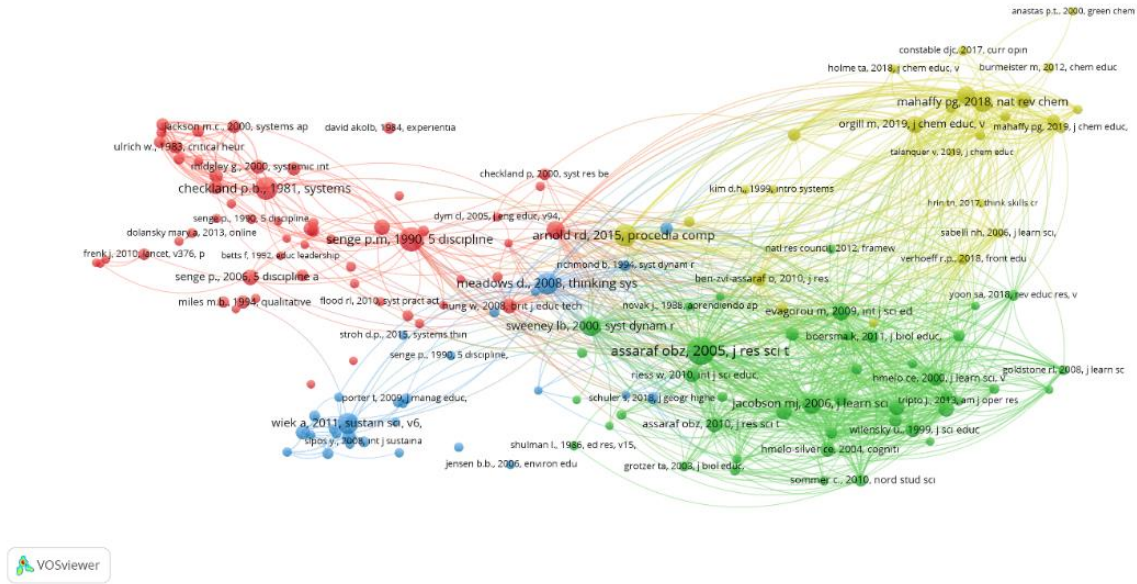
Şekil 6. Eğitimde SD araştırmalarının ortak yazarlık analizi.

Bu çalışmada bilimsel işbirliğini göstermek için VOSviewer yazılımındaki ortak yazarlık analizi, araştırmacılar arasındaki işbirliği modellerini sağlamak için kullanılmıştır. Analiz sonucunda ortaya çıkan grafik Şekil 6'da gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere, yazarlar birbirleriyle bağlantılı bir ağ oluşturmakla birlikte, izole gruplar halinde çalışıyor gibi görünmektedirler. Biyoloji alanında çalışan araştırmacılar kahverengi kümede, hemşirelik alanında çalışan araştırmacılar yeşil kümede, fen bilimleri alanında çalışan araştırmacılar ise sarı kümede toplanmıştır. Farklı alanlara karşılık gelen bu kümeler arasında disiplinler arası bir çalışma olmadığı görülmektedir. Öte yandan, Lich ve Dave'in yer aldığı turuncu küme, Aboumatar ve Dawson'ın yer aldığı lacivert küme ve Gonzalo'nun yer aldığı pembe küme aynı disiplinler bağlamında, yani sağlık eğitimi alanında araştırma yapan gruplardan oluşmasına rağmen, bu kümeler arasında herhangi bir araştırma işbirliği bulunmamaktadır. Bunun nedeni, çoğunlukla aynı kurum veya kuruluştan araştırmacıların birlikte çalışmayı tercih etmeleri gibi görünmektedir.

Ortak Atıf Analizi

Bu çalışmada, ortak atıf analizi VOSviewer yazılımı ile ağ görselleştirmesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortak atıf analizi genellikle bir araştırma alanının entelektüel arka planını analiz etmek için kullanılır. Ağ diyagramında, atıf yapılan bir makalenin aldığı atıf sayısı için minimum eşik 10 olarak belirlenmiştir. Toplam 40.817 makaleden 156'sı bu koşulu karşılamaktadır. Bu makaleler Şekil 7'de gösterilen ağ haritasını göstermek üzere seçilmiştir. Şekilde, dairelerin boyutu ve etiketleri, ilgili öğenin ağdaki önemini göstermektedir. Dairelerin boyutu atıfların sıklığını göstermektedir. Aynı kümede yer alan yazarların belirli bir yayında birlikte atıf alma olasılığı daha yüksektir. İki öge arasındaki bağlantı, bağlantılar olarak ifade edilir. Diğer öğelere kıyasla daha fazla bağlantısı olan öğeler ağda bir küme oluşturur. Ağdaki bir öge yalnızca bir kümeyle ait olabilir. Her küme farklı bir

renkle renklendirilir ve ögenin rengi ögenin hangi kümeye ait olduğunu belirler. Ayrıca, ortak atıf derecesi kümenin büyüklüğü ile gösterilir ve ortak atıf bağlantılarının gücü bağlantı çizgilerinin genişliği ile gösterilir.



Şekil 7. Eğitimde SD araştırmalarının ortak atıf analizi

Yukarıdaki şekilde (Şekil 7) yer alan ortak atıf grafiğine göre, eğitimde SD araştırmalarında dört ana küme görülmektedir. Grafikteki ilk küme Peter Senge'nin başını çektiği ve ağırlıklı olarak Peter Checkland, Barry Richmond, Ross D. Arnold ve Bela H. Banathy gibi yazarların yer aldığı kümedir. Bu küme SD, sistem dinamikleri, sistem teorisi, öğrenen organizasyonlar vb. ile ilgili teorik çalışmaları içermektedir. İkinci küme çoğunlukla Orit Ben-Zvi Assaraf tarafından yönetilmektedir. Ben-Zvi Assaraf'ın yanı sıra Linda Booth Sweeney, Michael J. Jacobson, Cindy E. Hmelo-Silver ve Maria Evaragou gibi araştırmacılar da bu kümede yer almaktadır. Bu kümede yer alan makaleler özellikle fen ve teknoloji eğitimi ve ilgili konulardaki çalışmalar için önem taşımaktadır. Üçüncü küme Donella Meadows, Anrim Wiek ve Barry Richmond gibi yazarlardan oluşmaktadır. Bu çalışmalar, sürdürülebilir kalkınma için eğitim, yükseköğretim ve ilgili konular için verimlidir. Dördüncü küme temel olarak SD'nin kimya eğitimi, yeşil kimya ve ilgili konularda kullanımına ilişkin makalelerden oluşmaktadır. Peter G. Mahaffy, MaryKay Orgill ve Sarah York gibi araştırmacılar bu kümede öne çıkmaktadır.

Tablo 7. Ortak atıf analizinde ilk on yazarın sıralaması

Yazar	Atıflar	Toplam Bağlantı Gücü	Bağlantı Sayısı	Küme
Ben-Zvi Assaraf, O.	95	957	135	2
Senge, P.	70	386	130	1
Checkland, P.	64	315	99	1
Arnold, R. D.	62	481	125	4
Meadow, D.	60	415	125	3
Wiek, A.	53	240	85	3
Sweeney, L. B.	48	449	112	2
Mahaffy, P. G.	46	393	80	4
Jacobson, M. J.	43	573	113	2
Richmond, B.	40	312	100	1

Eğitimde SD çalışmalarında ortak atıf analizine göre en çok öne çıkan isimler Tablo 7'de listelenmiştir. Bu tabloda her bir yazarın çalışmasının aldığı toplam atıflar, çalışmasının sahip olduğu toplam bağlantı sayısı ve belgeler arasındaki bağlantıların gücü ve çalışmasının ait olduğu küme listelenmiştir. Ben-Zvi Assaraf'ın başyazar olduğu makale (Ben-Zvi Assaraf ve Orion, 2005) veri setindeki makalelerden 95 atıf almıştır. Ayrıca söz konusu makale 135 makale ile ortak atıf almış ve tüm bu makalelerle birlikte toplam 957 kez atıf alarak ortak atıf grafiğinde ikinci kümede yer almıştır.

Tartışma ve Sonuç

Giriş bölümünde de vurgulandığı üzere SD, dünyanın sürdürülebilir kalkınması için her geçen gün önemi artan bir konudur. UNESCO'nun 21. yüzyılın başında BM tarafından belirlenen sürdürülebilir kalkınma hedeflerini (UN, 2000) temel alan 2015 raporundan bu yana, sürdürülebilir kalkınma için eğitim, dünya çapında tüm ulusların gerçekleştirmesi gereken önemli bir hedef haline gelmiştir (UNESCO, 2016). Bu raporda SD, her yaşta öğrenciye kazandırılması gereken temel yetkinlik olarak tanımlanmıştır. Bulgularda da belirtildiği üzere, eğitimde SD üzerine yapılan araştırmalar 2015 yılından sonra katlanarak artmaya başlamıştır. Ancak milenyumun başından bu yana, özellikle BM ve üye devletlerin sürdürülebilirliğe verdiği önem nedeniyle bu konudaki çalışmalarda hafif bir artış gözlenmektedir.

Eğitimde SD araştırmalarında en çok atıf alan makaleler ya SD'nin genel eğitim müfredatındaki uygulama çalışmaları ya da SD'yi kimya, biyoloji, STEM, mühendislik vb. gibi çeşitli eğitim müfredatlarına entegre etme arayışlarıdır. Bielick ve diğerleri (2023), STEM eğitiminde sistem düşüncesi üzerine yaptıkları bibliyometrik analizde, yayınlanan makalelerin çoğunlukla belirtilen alanlarda yoğunlaştığını vurgulamıştır. Mevcut çalışmanın bulgularıyla uyumlu olarak, sistem düşüncesinin kimya, biyoloji, mühendislik vb. alanlarda daha fazla çalışıldığını tespit etmişlerdir. Genel müfredatla ilgili çalışmalar (Bates, 2012; Ndaruhutse, Jones ve Riggall, 2019; Rieckmann, 2012) daha çok SD'yi eğitim konularına veya okullardaki derslere uyarılmanın yollarını tartışmaya yöneliktir. Bu tür çalışmalar, eğitimde SD araştırmalarının gelişiminin ilk aşamalarında olduğunu ve eğitim ortamlarında veya okullarda daha fazla uygulamanın muhtemelen yakında geleceğini göstermektedir. Örneğin, Ben-Zvi Assaraf ve Orion tarafından 2010 yılında yapılan ve bu çalışmada en çok atıfta bulunan "System thinking skills at the elementary school level" ve "Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time" adlı iki çalışma, SD'nin bir üst düzey düşünme becerisi olarak kabul edilmesine rağmen, ilkokul ve ortaokullarda uygun etkinliklerle belirli ölçüde geliştirilebileceğini ve uzun vadeli, iyi planlanmış bir müfredatın lise düzeyinde daha yüksek SD düzeylerinin geliştirilmesine temel oluşturabileceğini göstermiştir.

Eğitimde SD alanındaki çalışmaların performans analizinde dikkat çeken bir bulgu, en çok atıf alan dergi, makale ve yazarların kimya, tıp, biyoloji, mühendislik gibi fen eğitimi alanlarından olmasıdır. Bu sonuca uymayan tek makale Rieckmann'ın (2012) "Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning?" başlıklı makalesidir. Dünya çapında en çok atıf alan çalışma olmasına rağmen, Rieckmann'ın makalesi fen eğitime yönelik değildir. Bunun yerine Rieckmann, sürdürülebilirlikle ilgili çalışmalarda etkili olmuştur. Özellikle üniversite ve yükseköğretim müfredatlarında sürdürülebilirlik son on yılda önemli bir ilke ya da rehber haline gelmiştir. Rieckmann, SD'nin üniversite öğrencilerinin edinmesi gereken temel yetkinliklerden biri olması gerektiğini savunmuştur. Özellikle veri setinde yer alan ve sürdürülebilirlik bağlamında yükseköğretimde sistem düşüncesinin kullanımı ve gelişimini ele alan çalışmalar (Ateskan ve Lane, 2018; Shukla, 2018; Stevens, Whitehead ve Singhal, 2022) Rieckmann'ın argümanını doğrulamaktadır. Bununla birlikte, veri setindeki yükseköğretim çalışmalarının çoğunluğu fen ve mühendislik alanlarındadır (Kellam, Maher ve Peters, 2008; Michalopoulou vd., 2019; Muljana, Nissenon ve Luo, 2020; Orgill, York ve MacKellar, 2019). Dolayısıyla, sosyal bilimlerde bu konunun yükseköğretim düzeyinde dahi çalışılması konusunda ciddi bir boşluk olduğu söylenebilir.

SD'nin eğitim alanında uygulanmasına ilişkin parlak bir örnek, Ben-Zvi Assaraf ve Orion tarafından 8. sınıftaki 50 öğrenciyle gerçekleştirilen "Development of system thinking skills in the context of earth-system education" başlıklı çalışmadır. Ortak atf analizi (Şekil 7), bu makalenin alanın entelektüel yapısının merkezinde olduğunu ve en çok atf, yüksek bağlantı sayısı ve toplam bağlantı gücü açısından ilk sırada yer aldığını göstermektedir. Ayrıca, Hossain ve diğerlerinin (2020) sistem düşüncesinin genel yapısını ortaya koymayı amaçlayan bibliyometrik çalışmasında, sıklıkla ortak atf yapılan makalelerin analizinde Ben-Zvi Assaraf ve Orion'un (2005) makalesinin yer aldığı küme "Development of systems thinking tools and techniques" olarak tanımlanmış ve en çok ortak atf yapılan ilk on makale listesinde eğitim alanından tek makale olarak görülmüştür. Bu çalışma biyoloji (Momsen, Speth, Wyse ve Long, 2022), kimya (Szozda, Bruyere, Lee, Mahaffy ve Flynn, 2022), STEM, coğrafya (Mehren ve Rempfler, 2022), fizyoloji (Gregorčič ve Torkar, 2022), bilgisayar teknolojileri (Aguilar-Cisneros, Valerdi ve Sullivan, 2022), insan kaynakları (Miller, Kordova, Grinshpoun ve Shoval, 2022) ve turizm (Rezapouraghdam ve Akhshik, 2021) gibi çeşitli alanlarda öncü olarak kabul edilebilir.

Kelime sıklığı (bkz. Tablo 6) ve eş-oluşum analizi (bkz. Şekil 4), eğitim alanındaki SD araştırmalarının genel bir özeti sunmaktadır. "Sistem düşüncesi" ve "eğitim" gibi kelimeler ihmal edildiğinde, en sık kullanılan kelime tablolarında SD'nin ön plana çıktığı çeşitli eğitim konuları ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilirlik, yükseköğretim, kimya, mühendislik eğitimi, tıp eğitimi ve iklim değişikliği bu tablolarda dikkat çeken kelimelerdir. Bielik ve diğerleri (2023), STEM üzerine sistem düşüncesi araştırmaları üzerine yaptıkları bibliyometrik çalışmada, ulaştıkları makalelerde sıklıkla kullanılan kelimeleri analiz etmişlerdir. Bu analize göre, "düşünme", "bilim", "bilgi", "müfredat", "öğrenci" ve "kimya" anahtar kelimelerinin ulaştıkları makalelerde en sık kullanılan kelimeler olduğunu tespit etmişlerdir. Bu kelimelerin mevcut çalışmada sıklıkla kullanılan anahtar kelimelerle örtüştüğü dikkat çekmektedir. Bu açıdan, bu bulgunun eğitimde sistem düşüncesi araştırmalarında fen eğitiminin baskın olduğu sonucunu desteklediği söylenebilir.

Hossain ve diğerleri (2020), genel olarak sistem düşüncesi üzerine yapılan araştırmaları bibliyometrik olarak inceledikleri çalışmalarında, "sürdürülebilirlik", "sürdürülebilir kalkınma", "eğitim", "liderlik", "düşünme", "öğrenme" gibi anahtar kelimelerin SD üzerine yapılan çalışmalarda en sık kullanılan kelimeler olduğunu bildirmektedir. Bu sonuç, mevcut çalışmada sıklıkla kullanılan anahtar kelimelerle örtüşmektedir. Dolayısıyla sistem düşüncesi üzerine yapılan bilimsel çalışmaların karakterinin eğitim araştırmalarına da yansıdığı söylenebilir. Başka bir deyişle, eğitim araştırmaları genel ölçekte sistem düşüncesi çalışmalarını takip etmektedir. Özellikle sürdürülebilirlik, genel olarak SD araştırmalarının önünü açmada anahtar bir terimdir. UNESCO'nun 2015 yılında Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim Bildirgesi'nin gerekçesi olan sürdürülebilirlik, SD gibi temel yetkinliklerin araştırılması için itici bir güçtür (Schuler vd., 2018). Bu durum, Sürdürülebilir Kalkınma için Yükseköğretim'de sistem düşüncesi, öngörülü düşünme ve eleştirel düşünme gibi sürdürülebilirliğe yönelik temel yeterlikleri geliştirmek için bir müfredat oluşturmaya yönelik çalışmalarla da desteklenmektedir (Qadhi ve Al-Thani, 2023; Wu ve Shen, 2016). Yükseköğretimde müfredatın oluşturulmasına ilişkin çalışmalar (Davis, Dent ve Wharff, 2015; Dhukaram, Sgouropoulou, Feldman ve Amini, 2018; Dunnion ve O'Donovan, 2014; Grohs, Kirk, Soledad ve Knight, 2018) fen eğitimiyle ilgili alanlarda da benzer bir eğilime işaret edebilir. Daha önce de belirtildiği gibi, kimya ya da biyoloji gibi alanlardaki SD araştırmaları, müfredata ilişkin tartışmaların daha önemli olduğu başlangıç aşamasındadır. Dolayısıyla bu çalışmaların öncelikli amacı SD'yi eğitim hedeflerine uyarlamak ya da uygulamaktır.

İklim değişikliği, kirlilik, kaynakların yetersizliği gibi 21. yüzyılın başlıca küresel sorunları, sürdürülebilirliği dünya nüfusu için acil bir gündem olarak ortaya çıkarmaktadır. Çalışmada yapılan bibliyometrik analizden, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için kilit bir yetkinlik olarak SD'nin fen eğitimi araştırmalarında etkili bir şekilde çalışıldığı söylenebilir (Davila, Plant ve Jacobs, 2021; Mahaffy, Matlin, Whalen ve Holme, 2019; Yakymenko, Poplavko ve Lavrysh, 2020; York ve Orgill, 2020). Ancak, sosyal bilimler eğitiminde SD ile ilgili araştırmalar paralel bir sonuç göstermemektedir. Bu çalışmada en çok atf alan dergi, makale ve yazarlara bakıldığında sosyal bilimler eğitimine yönelik çalışmaların da yetersiz olduğu görülmektedir.

Eğitim araştırmalarının geniş bir bağlama sahip farklı disiplinlerden oluşması, alandaki yazarların karşılıklı işbirliğine dayalı bir çalışma ağına sahip olmamasının temel nedeni olarak ifade edilebilir. Her disiplinde tek bir grubun oluşturduğu bir işbirliği bulunmakta ve dolayısıyla her disiplinin genel yönlendiricileri yerine öncüleri bulunmaktadır. Dolayısıyla eğitimin birçok disiplini içeren geniş bir alan olduğu yorumu yapılabilir. Ortak atıf analizi de bu durumu desteklemektedir. Farklı alanlardan yazarlar ortak çalışmalar yürütmeseler de birbirlerinin çalışmalarına atıfta bulunmakta ve böylece farklı bir işbirliği ağı oluşturmaktadırlar.

Eğitimde SD'nin teorik altyapısı 1950'lerden 2000'lere kadar uzanan entelektüel çalışmalara dayanmaktadır. Bu bağlamda Churchman (1968), Forrester (1958), Jackson (1991), Richmond (1993), Senge (1994), Ulrich (1983), Von Bertalanffy'nin (1968) teorik çalışmalarından bahsetmek gerekir. Bunların yanı sıra Arnold ve Wade (2015), Ben-Zvi Assaraf ve Orion (2005), Mahaffy, Krief, Hopf, Mehta ve Matlin (2018), Orgill ve diğerleri (2019), Sweeney ve Sterman (2000) ve Wiek, Withycombe ve Redman'ın (2011) SD'nin farklı eğitim disiplinlerine nasıl uygulanabileceğine odaklanan son dönem çalışmalarının da araştırma alanına yeni düşünce ekolleri kattığı söylenebilir.

Araştırma alanının tarihsel gelişimi, 2015 yılına kadar en çok eleştirel sistem düşüncesi, karmaşıklık, sistem teorisi ve örgütsel değişim gibi kavram veya konuların çalışıldığını göstermektedir. 2015'ten itibaren liderlik, özellikle yükseköğretim ve mühendislik gibi kavramlar üzerine çalışmalar hız kazanmıştır. UNESCO'nun 2015 yılında yayınladığı sürdürülebilir kalkınma için eğitim bildirgesinden sonra, sürdürülebilirlikle ilgili kavramlar araştırma alanında çarpıcı bir şekilde baskın hale gelmiştir. Kimya, biyoloji ve tıp gibi farklı eğitim disiplinlerinde, eğitimde SD araştırmaları belirginleşmektedir. İncelenen aralığın son üç yılında, sürdürülebilir kalkınma hedefleri, çevreci kimya ve STEM gibi kavramların önemli olduğu görülmektedir.

Bibliyometrik analizin bir sonucu olarak, sürdürülebilir kalkınma için kilit bir yeterlilik olarak SD'nin eğitim araştırmaları alanı için canlı bir konu olduğu vurgulanabilir. Özellikle fen eğitimi ve ilgili alanlarda SD son yıllarda yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Her yıl yapılan yayınların sayısı da bu sonucu desteklemektedir. Eğitimde SD araştırmalarına yönelik bu ilginin en önemli nedeni, BM ve UNESCO'nun Sürdürülebilir Kalkınma için Eğitim ile ilgili çeşitli bildirgelerin ortaya koyduğu ilerleme olarak gösterilebilir.

Sınırlılıklar ve Öneriler

Çalışmada alan yazının tanımlayıcı özelliklerini, yıllık bilimsel üretimi, eğilim gösteren konuları ve en çok kullanılan kelimeleri, alandaki önemli temaları ortaya çıkarmaya yardımcı olan performans analizi RStudio ve Biblioshiny programları ile gerçekleştirilmiştir. Anahtar kavramlar, atıflar ve yazarlar arasındaki ilişkileri görsel haritalama yoluyla ortaya koyan bilim haritalama analizi ise VOSviewer programı ile gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla çalışmada iki farklı istatistik platformu kullanılarak analizde kullanılan araçlar açısından çeşitlilik sağlanmıştır. Böylece alandaki yüzlerce verinin eş zamanlı olarak analiz edilmesi ve elde edilen sonuçların hem istatistiksel olarak hem de kavramlar arasındaki ilişkilerin görsel haritalandırılması yoluyla daha iyi sunulması sağlanmıştır. Dolayısıyla mevcut araştırma, eğitimde SD'nin genel durumunu, alanın düşünsel ve kavramsal yapısını bibliyometrik analiz ve görsel haritalar yardımıyla ortaya koyması açısından alan yazına önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu sayede alandaki diğer araştırmacılara ne tür çalışmaların öne çıktığı, alanın yapısı ve sosyal ağ etkileşimleri hakkında genel bir bakış açısı sağlanmıştır. Öte yandan, tercih edilen bibliyometrik analiz yöntemi istatistiksel ve genel bir bakış açısı sağladığı için eğitimde SD ile ilgili her bir çalışmanın içeriğine, topluma ve alana katkısına bakmak mümkün olmamaktadır.

Bu çalışma WoS veri tabanında taranan dergilerle sınırlıdır. Gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda Scopus ve ERIC gibi farklı veri tabanlarına başvurulması önerilebilir. Araştırmacılara, sosyal bilimlerin çeşitli alanları (tarih, coğrafya, felsefe, dil öğretimi, vb.) gibi eğitimin farklı disiplinlerinde SD üzerine araştırma yapmaları önerilebilir. Ayrıca, genel olarak araştırma odağının daraltılması ve SD'nin toplumsal katkısını ortaya koyan içerik analizi veya sistematik derleme gibi çalışmaların yapılması önerilir. Son olarak, bu çalışmanın eğitimde SD üzerine araştırma yapmak isteyen araştırmacılar için bir rehber olması ümit edilmektedir.

Kaynakça

- Abramo, G., D'Angelo, C. A. ve Di Costa, F. (2009). Research collaboration and productivity: Is there correlation?. *Higher Education*, 57, 155-171.
- Aguilar-Cisneros, J. R., Valerdi, R. ve Sullivan, B. P. (2022). Students' systems thinking competency level detection through software cost estimation concept modeling. *Programming and Computing Software*, 48(8), 499-512. doi:10.1134/S0361768822080060
- Ahmi, A. (2021). *Bibliometric analysis for beginners: A starter guide to begin with a bibliometric study using Scopus dataset and tools such as Microsoft Excel, Harzing's Publish or Perish and VOSviewer software*. UUM: Malaysia.
- Aria, M. ve Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. doi:10.1016/j.joi.2017.08.007
- *Arnold, R. D. ve Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science*, 44, 669-678. doi:10.1016/j.procs.2015.03.050
- *Ateskan, A. ve Lane, J. F. (2018). Assessing teachers' systems thinking skills during a professional development program in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4348-4356. doi:10.1016/j.jclepro.2017.05.094
- Banathy, B. H. (1991). *Systems design of education: A journey to create the future*. New Jersey: Educational Technology Publications.
- Banathy, B. H. (1995). Developing a systems view of education. *Educational Technology*, 35(3), 53-57.
- *Bates, A. (2012). Transcending systems thinking in education reform: Implications for policy-makers and school leaders. *Journal of Education Policy*, 28(1), 38-54. doi:10.1080/02680939.2012.684249
- Beaver, D. (2001). Reflections on scientific collaboration (and its study): Past, present, and future. *Scientometrics*, 52(3), 365-377. doi:10.1023/A:1014254214337
- *Ben-Zvi Assaraf, O. ve Orion, N. (2005). A study of junior high students' perceptions of the water cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 366-373. doi:10.5408/1089-9995-53.4.366
- *Ben-Zvi Assaraf, O. ve Orion, N. (2010a). System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 540-563. doi:10.1002/tea.20351
- *Ben-Zvi Assaraf, O. ve Orion, N. (2010b). Four case studies, six years later: Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), 1253-1280. doi:10.1002/tea.20383
- Bielik, T., Delen, I., Krell, M. ve Ben-Zvi Assaraf, O. (2023). Characterising the literature on the teaching and learning of system thinking and complexity in stem education: A bibliometric analysis and research synthesis. *Journal for STEM Education Research*, 6(1). doi:10.1007/s41979-023-00087-9
- *Boersma, K., Waarlo, A. J. ve Klaassen, K. (2011). The feasibility of systems thinking in biology education. *Journal of Biological Education*, 45(4), 190-197. doi:10.1080/00219266.2011.627139
- Bollen, J., Sompel, H., Hagberg, A. ve Chute, R. (2009). A principal component analysis of 39 scientific impact measures. *Plos One*, 6(4), e6022. doi:10.1371/journal.pone.0006022
- Bornmann, L. ve Daniel, H. D. (2007). What do we know about the h index?. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(9), 1381-1385.
- Checkland, P. (2000). Soft systems methodology: A thirty year retrospective. *Systems Research and Behavioral Science*, 17(S1), S11-S58.
- Chen, C. (2017). Science mapping: A systematic review of the literature. *Journal of Data and Information Science*, 2(2), 1-40. doi:10.1515/jdis-2017-0006
- Churchman, C. W. (1968). *The systems approach*. New York: Delacorte Press.

- *Clark, K. ve Hoffman, A. (2019). Educating healthcare students: Strategies to teach systems thinking to prepare new healthcare graduates. *Journal of Professional Nursing*, 35(3), 195-200. doi:10.1016/j.profnurs.2018.12.006
- Cronbach, L. J. ve Meehl, P. E. (1955). Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*, 52(4), 281-302. doi:10.1037/h0040957
- Davila, F., Plant, R. ve Jacobs, B. (2021). Biodiversity revisited through systems thinking. *Environmental Conservation*, 48(1), 16-24. doi:10.1017/S0376892920000508
- *Davis, A. P., Dent, E. B. ve Wharff, D. M. (2015). A conceptual model of systems thinking leadership in community colleges. *Systemic Practice And Action Research*, 28(4), 333-353. doi:10.1007/s11213-015-9340-9
- *Dhukaram, A. V., Sgouropoulou, C., Feldman, G. ve Amini, A. (2018). Higher education provision using systems thinking approach - case studies. *European Journal of Engineering Education*, 43(1), 3-25. doi:10.1080/03043797.2016.1210569
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N. ve Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. doi:10.1016/j.jbusres.2021.04.070
- *Dunnion, J. ve O'Donovan, B. (2014). Systems thinking and higher education: The vanguard method. *Systemic Practice And Action Research*, 27, 23-37. doi:10.1007/s11213-012-9258-4
- Egghe, L. (2006). Theory and practice of the g-index. *Scientometrics*, 69(1), 131-152. doi:10.1007/s11192-006-0144-7
- Egghe, L. (2013). Note on a possible decomposition of the h-Index. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(4), 871-871. doi:10.1002/asi.22855
- Elmas, R., Arslan, H., Pamuk, S., Peşman, H. ve Sözbilir, M. (2021). Systems thinking approach in science education. *Türkiye Kimya Dernegi Dergisi Kisim C Kimya Egitimi*, 1(6), 107-132. doi:10.37995/jotcsc.889340
- Ferreira, C. ve Robertson, J. (2020). Examining the boundaries of entrepreneurial marketing: A bibliographic analysis. *Journal of Research in Marketing and Entrepreneurship*, 22(2), 161-180. doi:10.1108/JRME-05-2020-0046
- *Flynn, A. B., Orgill, M. K., Ho, F. M., York, S., Matlin, S. A., Constable, D. J. C. ve Mahaffy, P. G. (2019). Future directions for systems thinking in chemistry education: Putting the pieces together. *Journal of Chemical Education* 96(12), 3000-3005. doi:10.1021/acs.jchemed.9b00637
- Forrester, J. W. (1958). Industrial dynamics: A major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, 36, 37-66.
- Garfield, E. (1980). Bradford's law and related statistical patterns. *Essays of an Information Scientist*, 4(19), 476-483.
- *Gero, A. ve Zach, E. (2014). High school programme in electro-optics: A case study on interdisciplinary learning and systems thinking. *The International Journal of Engineering Education*, 30(5), 1190-1199.
- Gregorčič, T. ve Torkar, G. (2022). Using the structure-behavior-function model in conjunction with augmented reality helps students understand the complexity of the circulatory system. *Advances in Physiology Education*, 46(3), 367-374. doi:10.1152/advan.00015.2022
- *Grohs, J. R., Kirk, G. R., Soledad, M. M. ve Knight, D. B. (2018). Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems. *Thinking Skills and Creativity*, 28, 110-130. doi:10.1016/j.tsc.2018.03.003
- Hallinger, P. ve Kovačević, J. (2019). A bibliometric review of research on educational administration: Science mapping the literature, 1960 to 2018. *Review of Educational Research*, 89(3), 335-369. doi:10.3102/0034654319830380

- Heradio, R., De La Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E. ve Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14-38.
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46), 16569-16572. doi:10.1073/pnas.0507655102
- Hirsch, J. E. (2007). Does the h-index have predictive power?. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(49), 19193-19198. doi:10.1073/pnas.0707962104
- Hmelo-Silver, C. ve Barrows, H. (2006). Goals and strategies of a problem-based learning facilitator. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 21-39. doi:10.7771/1541-5015.1004
- Hossain, N. U. I., Dayarathna, V. L., Nagahi, M. ve Jaradat, R. (2020). Systems thinking: A review and bibliometric analysis. *Systems*, 8(3). doi:10.3390/systems8030023
- Hussain, N., Zakuan, N., Yaacob, T., Hashim, H. ve Hasan, M. (2023). Employee green behavior at workplace: A review and bibliometric analysis. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 13(3), 1679-1690. doi:10.6007/ijarbss/v13-i3/16847
- Hyk, V., Vysochan, O. ve Vysochan, O. (2022). Integrated reporting of mining enterprises: Bibliometric analysis. *Studies in Business and Economics*, 3(17), 90-99. doi:10.2478/sbe-2022-0048
- Jackson, M. C. (1991). *Systems methodology for the management sciences*. New York: Plenum Press.
- Kafai, Y. ve Proctor, C. (2021). A reevaluation of computational thinking in k-12 education: Moving toward computational literacies. *Educational Researcher*, 2(51), 146-151. doi:10.3102/0013189x2111057904
- *Kali, Y., Orion, N. ve Eylon, B. S. (2003). Effect of knowledge integration activities on students' perception of the earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(6), 545-565. doi:10.1002/tea.10096
- Katz, J. S. ve Martin, B. R. (1997). What is research collaboration?. *Research Policy*, 26(1), 1-18. doi:10.1016/S0048-7333(96)00917-1
- *Kellam, N. N., Maher, M. A. ve Peters, W. H. (2008). The faculty perspective on holistic and systems thinking in American and Australian mechanical engineering programmes. *European Journal of Engineering Education*, 33(1), 45-57. doi:10.1080/03043790701746231
- Leydesdorff, L. ve Rafols, I. (2009). A global map of science based on the isi subject categories. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2(60), 348-362. doi:10.1002/asi.20967
- Mahaffy, P., Krief, A., Hopf, H., Mehta, G. ve Matlin, S. A. (2018). Reorienting chemistry education through systems thinking. *Nature Reviews Chemistry*, 2, 1-3. doi:10.1038/s41570-018-0126
- *Mahaffy, P. G., Matlin, S. A., Whalen, J. M. ve Holme, T. A. (2019). Integrating the molecular basis of sustainability into general chemistry through systems thinking. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2730-2741. doi:10.1021/acs.jchemed.9b00390
- Mao, X., Guo, L., Fu, P. ve Xiang, C. (2020). The status and trends of coronavirus research: A global bibliometric and visualized analysis. *Medicine*, 99(22), e20137. doi:10.1097/MD.00000000000020137
- Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M. ve Peire, J. (2011). New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, 57(3), 1893-1906.
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer*. Oxford: Earthscan.
- Mehren, R. ve Rempfler, A. (2022). Assessing systems thinking in geography. T. Bourke, R. Mills ve R. Lane (Ed.), *Assessment in geographical education: An international perspective* içinde (s. 31-54). Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-030-95139-9_2
- Merigó, J. M., Pedrycz, W., Weber, R. ve de la Sotta, C. (2018). Fifty years of information sciences: A bibliometric overview. *Information Sciences*, 432, 245-268. doi:10.1016/j.ins.2017.11.054

- *Michalopoulou, E., Shallcross, D. E., Atkins, E., Tierney, A., Norman, N. C., Preist, C. ... Ninos, I. (2019). The end of simple problems: Repositioning chemistry in higher education and society using a systems thinking approach and the United Nations' sustainable development goals as a framework. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2825–2835. doi:10.1021/acs.jchemed.9b00270
- Mikhaylovsky, M., Karavanova, L., Medved, E., Deberdeeva, N., Buzinova, L. ve Zaychenko, A. (2021). The Model of stem education as an innovative technology in the system of higher professional education of the Russian Federation. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 9(17), em2007. doi:10.29333/ejmste/11173
- Miller, A. N., Kordova, S., Grinshpoun, T. ve Shoal, S. (2022). Identifying a systems thinker: Matching a candidate's systems thinking abilities with the job. *Applied System Innovation*, 5(2), 38. doi:10.3390/asi5020038
- *Momsen, J., Speth, E. B., Wyse, S. ve Long, T. (2022). Using systems and systems thinking to unify biology education. *CBE—Life Sciences Education*, 21(2), es3. doi:10.1187/cbe.21-05-0118
- *Monat, J. P., Gannon, T. F. ve Amissah, M. (2022). The case for systems thinking in undergraduate engineering education. *International Journal of Engineering Pedagogy (ijEP)*, 12(3), 50-88. doi:10.3991/ijep.v12i3.25035
- *Muljana, P. S., Nissenson, P. M. ve Luo, T. (2020). Examining factors influencing faculty buy-in and involvement in the accreditation process: A cause analysis grounded in systems thinking. *TechTrends*, 64, 730-739.
- Ndaruhutse, S., Jones, C. ve Riggall, A. (2019). *Why systems thinking is important for the education sector*. Birleşik Krallık: Education Development Trust. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED603263.pdf> adresinden erişildi.
- Ng, J., Liu, H., Shah, A., Wieland, L. ve Moher, D. (2023). Characteristics of bibliometric analyses of the complementary, alternative, and integrative medicine literature: A scoping review protocol. *F1000research*, 12, 164. doi:10.12688/f1000research.130326.1
- *Orgill, M., York, S. ve MacKellar, J. (2019). Introduction to systems thinking for the chemistry education community. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2720-2729. doi:10.1021/acs.jchemed.9b00169
- Pinto, M., Fernández-Pascual, R., Caballero-Mariscal, D., Sales, D., Guerrero, D. ve Uribe, A. (2019). Scientific production on mobile information literacy in higher education: A bibliometric analysis (2006-2017). *Scientometrics*, 120(1), 57-85.
- Qadhi, S. M. ve Al-Thani, H. (2023). Reimaging continuing professional development in higher education - toward sustainability. M. A. S. A., Al-Maadeed, A. Bouras, M. Al-Salem ve N. Younan (Ed.), *The sustainable university of the future* içinde (s. 43-61). Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-031-20186-8_3
- Radhakrishnan, S., Erbis, S., Isaacs, J. A. ve Kamarthi, S. (2017). Novel keyword co-occurrence network-based methods to foster systematic reviews of scientific literature. *PLOS ONE*, 12(3), e0172778. doi:10.1371/journal.pone.0172778
- *Rezapouraghdam, H. ve Akhshik, A. (2021). Tracing the complexity-sustainability nexus in a small Mediterranean island: Implications for hospitality and tourism education. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, 13(4), 476-487. doi:10.1108/WHATT-02-2021-0030
- *Richmond, B. (1993). Systems thinking: Critical thinking skills for the 1990s and beyond. *System Dynamics Review*, 9(2), 113-133. doi:10.1002/sdr.4260090203
- Richmond, B. (1994). Systems thinking/system dynamics: Let's just get on with it. *System Dynamics Review*, 10(2-3), 135-157. doi:10.1002/sdr.4260100204
- *Rieckmann, M. (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning?. *Futures*, 44(2), 127-135. doi:10.1016/j.futures.2011.09.005
- *Riess, W. ve Mischo, C. (2010). Promoting systems thinking through biology lessons. *International Journal of Science Education*, 32(6), 705-725. doi:10.1080/09500690902769946

- *Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F. ve Riess, W. (2018). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD) - a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(2), 192-204. doi:10.1080/03098265.2017.1339264
- *Schultz, M., Lai, J., Ferguson, J. ve Delaney, S. (2021). Topics amenable to a systems thinking approach: Secondary and tertiary perspectives. *Journal of Chemical Education*, 10(98), 3100-3109.
- Senge, P. (1994). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization* (1. bs.). New York: Doubleday/Currency.
- *Shukla, D. (2018). Modeling systems thinking in action among higher education leaders with fuzzy multi-criteria decision making. *Management & Marketing*, 13(2), 946-965.
- Singam, C. (2022). A Vision for universal and standardized access to systems competency education. *Insight*, 3(25), 30-34. doi:10.1002/inst.12395
- Sonnenwald, D. (2007). Scientific collaboration. *Annual Review of Information Science and Technology*, 41, 643-681.
- Sterman, J. D. (2010). Does formal system dynamics training improve people's understanding of accumulation?. *System Dynamics Review*, 26(4), 316-334. doi:10.1002/sdr.447
- *Stevens, L. L., Whitehead, C. ve Singhal, A. (2022). Cultivating cooperative relationships: Identifying learning gaps when teaching students systems thinking biomimicry. *Biomimetics*, 7(4), 184. doi:10.3390/biomimetics7040184
- Suslov, A. Y., Salimgareev, M. V. ve Khammatov, S. S. (2017). Innovative methods of teaching history at modern universities. *The Education and Science Journal*, 19(9), 70-85. doi:10.17853/1994-5639-2017-9-70-85
- *Sweeney, L. B. ve Sterman, J. D. (2000), Bathtub dynamics: Initial results of a systems thinking inventory. *System Dynamics Review*, 16, 249-286. doi:10.1002/sdr.198
- *Szozda, A. R., Bruyere, K., Lee, H., Mahaffy, P. G. ve Flynn, A. B. (2022). Investigating educators' perspectives toward systems thinking in chemistry education from international contexts. *Journal of Chemical Education*, 99(7), 2474-2483. doi:10.1021/acs.jchemed.2c00138
- Taris, T. (2006). Citation analysis in research evaluation. *Gedrag & Organisatie*, 19(2), 204-206. <https://doi.org/10.5117/2006.019.002.007>
- Ulrich, W. (1983). *Critical heuristics of social planning: A new approach to practical philosophy*. New York: John Wiley & Sons.
- UNESCO. (2005). *United Nations decade of education for sustainable development (2005-2014): International implementation scheme*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000148654> adresinden erişildi.
- UNESCO. (2016). *Education 2030: Incheon declaration and framework for action for the implementation of sustainable development goal 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656> adresinden erişildi.
- United Nations. (2000). *United Nations millennium development goals*. <https://www.mdgmonitor.org/millennium-development-goals/> adresinden erişildi.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015> adresinden erişildi.
- United Nations Conference on Environment and Development. (1992). *Agenda 21*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf> adresinden erişildi.
- *Verhoeff, R. P., Waarlo, A. J. ve Boersma, K. T. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of Science Education*, 30(4), 543-568. doi:10.1080/09500690701237780
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: Foundations, development*. New York: George Braziller.

- Wiek, A., Withycombe, L. ve Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6, 203-218. doi:10.1007/s11625-011-0132-6
- Wu, Y. C. J. ve Shen, J. P. (2016). Higher education for sustainable development: A systematic review. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 17(5), 633-651. doi:10.1108/IJSHE-01-2015-0004
- *Yakymenko, Y., Poplavko, Y. ve Lavrysh, Y. (2020). Steam as a factor of individual systems thinking development for students of electronics speciality. *Advanced Education*, 7(15), 4-11. doi:10.20535/2410-8286.208315
- *York, S. ve Orgill M. (2020). ChEMIST table: A tool for designing or modifying instruction for a systems thinking approach in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2114-2129. doi:10.1021/acs.jchemed.0c00382
- *York, S., Lavi, R., Dori, Y. J. ve Orgill, M. (2019). Applications of systems thinking in STEM education. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2742-2751. doi:10.1021/acs.jchemed.9b00261
- Zupic, I. ve Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. doi:10.1177/1094428114562629