



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Üretim ve İşlemler Yönetimi Bilim Dalı

**NANO ÜRETİM KAVRAMININ ÜRETİM YÖNETİMİ ALANINDA
BİBLİYOMETRİK VE SİSTEMATİK ANALİZİ**

Beril AYDIN

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2024

NANO ÜRETİM KAVRAMININ ÜRETİM YÖNETİMİ ALANINDA
BİBLİYOMETRİK VE SİSTEMATİK ANALİZİ

Beril AYDIN

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
Üretim ve İşlemler Yönetimi Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2024

KABUL VE ONAY

Beril AYDIN tarafından hazırlanan “Nano Üretim Kavramının Üretim Yönetimi Alanında Bibliyometrik ve Sistematiik Analizi” başlıklı bu çalışma, 16 Nisan 2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Dilber ULAŞ

Prof. Dr. Mine ÖMÜRGÖNÜLŞEN

Doç. Dr. Hatice ÇALIPINAR (Danışman)

Doç. Dr. Mehmet SOYSAL

Dr. Öğr. Üyesi Bülent ÇEKİÇ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım

Prof. Dr. Uğur ÖMÜRGÖNÜLŞEN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

...../...../.....

Beril Aydın

“*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*”

- (1) *Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*
- (2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*
- (3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. * Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

** Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.*

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, Doç. Dr. Hatice ALIPINAR danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığımı beyan ederim.

Beril AYDIN

*Bu günlere gelmemde çok büyük emeği olan canım dedelerim Turan ÖZMUMCU
ve Kemal AYDIN'a,*

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının tım süreçlerinde bilgi ve tecrübesi ile beni destekleyen, görüő ve nerileri ile tez çalıőmamı yönlendiren kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Hatice ALIPINAR'a, tavsiye ve destekleri ile yol gösteren ve teşvik eden kıymetli hocam Prof. Dr. Mine ÖMÜR GÖNÜLŐEN'e ve tım jüri yesi kıymetli hocalarıma teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemi sağlayan, bu süreçte de benden desteklerini esirgemeyen ve her daim arkamda olan başta canım annem zlem Aydın, canım babam Levent Aydın ve canım kardeőim Deren Aydın olmak üzere tım aileme teşekkür ederim. Tez çalıőmama katkılarından dolayı kardeőim Deren Aydın'a özellikle teşekkür ederim.

Bu süreçte destekleri ve katkıları ile hep yanımda olan, beni motive eden başta canım arkadaşlarım Asya Dipkaya ve Levent Can Biber olmak üzere tım arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tım yüksek lisans sürecim boyunca hep yanımda olan, beni devam etmeye motive eden canım arkadaşım Birdal Acun'a teşekkür ederim.

ÖZET

AYDIN, Beril. *Nano Üretim Kavramının Üretim Yönetimi Alanında Bibliyometrik ve Sistemik Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2024.

Nanoteknoloji 1950’li yıllardan bu yana durmadan gelişen ve tüm dünya çapında birçok sektörde kullanılmaya başlanan bir kavramdır. Nanoteknolojinin bu hızlı gelişimi nano üretim kavramını da beraberinde getirmiştir. Birçok alanda nano üretim yapılarak elde edilen ürünlerin süreçlerini sadece mühendislik ve teknik açıdan değil aynı zamanda da üretim yönetimi kavramları ile bir bütün olarak incelemek gerekmektedir. Özellikle teknolojinin hızlı gelişimi ve endüstri 4.0 teknolojileri ile nano üretim kavramı üretim yönetiminde daha önemli bir yer edinmeye başlamıştır. Bu tez çalışmasında, nano üretim konusunda Web of Science (WoS) ve Scopus veri tabanlarından elde edilen akademik makaleler incelenmiş ve bibliyometrik analiz yöntemiyle tablo, grafik ve bilimsel haritalama teknikleri kullanılarak iş birlikleri ve ilişkili temalar, yazarlar, kurumlar ve ülkeler ile ilgili yorumlar yapılmıştır. Ek olarak belirli anahtar kelimeler ve filtrelemeler ile WoS ve Scopus veri tabanlarından elde edilen çalışmaların sistemik analizi yapılarak çalışmaların içeriği amaç, literatüre katkı, ele alınan üretim problemi, sektör, araştırma yöntemi ve öneriler olarak incelenmiştir. Tez çalışmasının amacı, nano üretim kavramını üretim yönetimi bakış açısı ile literatür taraması yapmak ve bu çalışmayı bibliyometrik analiz ve sistemik analiz yöntemleri ile değerlendirmektir. Tez çalışmasının sonucunda, literatürde nano üretim kavramına ilişkin üretim yönetimi kapsamındaki çalışmalar incelenerek bu çalışmanın gelecekte yapılacak çalışmalara ve araştırmacılara yol gösterici olması hedefi ile güncel durum tartışılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Sözcükler

Nano Üretim, Nanoteknoloji, Üretim Yönetimi, Bibliyometrik Analiz, Sistemik Analiz

ABSTRACT

AYDIN, Beril. *The Bibliometric and Systematic Analysis of Nanomanufacturing Within In Production and Operations Management Perspective, Master Thesis, Ankara, 2024.*

Nanotechnology is a concept that has been continuously developing since the 1950s and has begun to be used in various industries worldwide. This rapid development of nanotechnology has given rise to the concept of nano-manufacturing. Products obtained through nano-manufacturing need to be examined not only from engineering and technical perspectives but also as part of production management concepts. Especially with the rapid development of technology and Industry 4.0 technologies, the concept of nano-manufacturing has started to play more significant role in production management. In this thesis, academic articles on nano-manufacturing from the Web of Science (WoS) and Scopus databases were examined, and bibliometric analysis was used to provide insights into collaborations and related themes, authors, institutions, and countries through tables, graphs, and scientific mapping techniques. Additionally, systematic analysis was conducted on studies retrieved from WoS and Scopus databases, with specific keywords and filters, to evaluate their content, objectives, contributions to literature, addressed production issues, sectors, research methods, and recommendations. The aim of this thesis is to conduct a literature review of the concept of nano-manufacturing from the perspective of production management and support this study with bibliometric and systematic analysis methods. The thesis concludes with a review of studies in the literature concerning production management within the scope of the nano-manufacturing concept. The objective is to discuss the current state of the field and provide recommendations with the intention of guiding future research and practitioners in this area.

Keywords

Nanomanufacturing, Nanotechnology, Production and Operations Management, Bibliometric Analysis, Systematic Analysis

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN.....	iii
ADAMA	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLOLAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM: ÜRETİM VE ÜRETİM YÖNETİMİ	3
1.1. ÜRETİM	3
1.1.1. Üretim Kavramına Genel Bakış.....	3
1.1.2. Üretimin Tarihsel Gelişimi	4
1.1.3. Endüstriyel Devrimler.....	5
1.1.4. Üretimde Küresel Eğilimler.....	7
1.2. ÜRETİM YÖNETİMİ	9
1.2.1. Üretim Yönetimi Kavramına Genel Bakış.....	9
1.2.2. Üretim Yönetiminin Dünyadaki Mevcut Durumu.....	11
1.2.3. Üretim Yönetiminde Türkiye’deki Yenilikler	12
2. BÖLÜM: NANOTEKNOLOJİ VE NANO ÜRETİM.....	15
2.1. NANOTEKNOLOJİ VE NANO ÜRETİM KAVRAMLARI	15
2.2. NANOTEKNOLOJİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ	16
2.3. NANOTEKNOLOJİNİN DÜNYA’DAKİ MEVCUT DURUMU	19
2.3.1. Amerika Birleşik Devletleri.....	21
2.3.2. Avrupa Birliği ve Asya Ülkeleri.....	22
2.4. NANOTEKNOLOJİNİN TÜRKİYE’DEKİ MEVCUT DURUMU	24
2.5. NANOTEKNOLOJİNİN SEKTÖREL KULLANIM ALANLARI	24

2.6. NANO ÜRETİM KAVRAMI.....	27
2.7. NANO ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	28
2.7.1. Yukarıdan Aşağı Üretim Yaklaşımı	30
2.7.2. Aşağıdan Yukarı Üretim Yaklaşımı	31
3. BÖLÜM: BİBLİYOMETRİK VE SİSTEMATİK ANALİZ.....	34
3.1. BİBLİYOMETRİ VE BİBLİYOMETRİK ANALİZİN TEMEL	
ÇERÇEVESİ.....	34
3.1.1. Bibliyometrik Yasalar.....	35
3.1.2. Bibliyometrik Analiz Sınıflandırması.....	37
3.1.2.1. Performans Analizi.....	38
3.1.2.2. Bilimsel Haritalama Analizi.....	38
3.1.3. Bibliyometrik Analiz Teknikleri.....	41
3.2. SİSTEMATİK ANALİZİN TEMEL ÇERÇEVESİ.....	42
4. BÖLÜM: ARAŞTIRMA VE BULGULAR.....	44
4.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ.....	44
4.2. ÇALIŞMANIN VERİ SETİ VE UYGULAMA YÖNTEMİ.....	45
4.2.1. Bibliyometrik Analiz Araştırma Soruları	46
4.2.2. Sistematik Analiz Araştırma Soruları.....	46
4.3. ARAŞTIRMA KAPSAMI	46
4.3.1. Araştırma Yöntemi ve Örneklem.....	49
4.3.2. VOSviewer Analiz Programı ile İlgili Genel Bilgiler	49
4.4. SİSTEMATİK ANALİZ LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	50
4.5. ARAŞTIRMA BULGULARI	79
4.5.1. Bibliyometrik Analiz Bulguları	79
4.5.1.1. Performans Analizi Bulguları	79
4.5.1.1.1. Yayın Yıllarına Göre WoS ve Scopus Dağılımları	80
4.5.1.1.2. Yayın Sayısının Yazarlara Göre WoS ve Scopus	
Dağılımları.....	82
4.5.1.2. Bilimsel Haritalama Analizi.....	83
4.5.1.2.1. Atıf Analizi.....	85
4.5.1.2.2. Ortak Atıf Analizi.....	89
4.5.1.2.3. Bibliyografik Eşleştirme Analizi.....	95

4.5.1.2.4. Ortak Yazar Analizi.....	97
4.5.1.2.5. Ortak Kelime Analizi	102
4.5.2. Sistematik Analiz Bulguları.....	105
4.5.3. ULAKBİM TR Dizin Bulguları.....	113
4.5.4 Ulusal Tez Merkezi Bulguları.....	114
SONUÇ VE GENEL DEĞERLENDİRME.....	115
KAYNAKÇA	126
EKLER.....	152
EK 1. ORJİNALLİK RAPORU	152
EK 2. ETİK KURUL MUAFİYET FORMU	154

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.	Dünya Geneline Son 10 Yılda Nanoteknoloji Standartlarındaki Artış	20
Tablo 2.	Avrupa Ülkelerinde Son 10 Yılda Nanoteknoloji Standartlarındaki Artış.....	20
Tablo 3.	Ülkelerin 2012-2022 Yılları Arasında Yayınlanan Standart Sayısı	21
Tablo 4.	ABD NNI 2001-2015 Yılları Arası Bütçe Dağılımı	22
Tablo 5.	2011-2021 Dünya Geneli AR-GE Çalışmalarına Yapılan Yatırımlar	23
Tablo 6.	Bibliyometrik Araştırmalarda Performans Analizi Prosedürü Göstergeleri ve İçerik	38
Tablo 7.	Bibliyometrik Araştırmalarda Bilimsel Haritalama Analizi Prosedürü	39
Tablo 8.	Sistemik Analiz Çalışma Sayısı ve Detayları.....	47
Tablo 9.	Sistemik Analiz Literatür İncelemesi	51
Tablo 10.	WoS Yayınlarının, Yayın Sayısının Yayın Yıllarına Göre Dağılım.....	80
Tablo 11.	Scopus Yayınlarının, Yayın Sayısının Yayın Yıllarına Göre Dağılım	81
Tablo 12.	WoS Yayınlarının, Yayın Sayısının Yazarlara Göre Dağılım	82
Tablo 13.	Scopus Yayınlarının, Yayın Sayısının Yazarlara Göre Dağılım.....	83
Tablo 14.	En Çok Kullanılan Yazar Kelimeleri ve Çalışma Sayıları	103
Tablo 15.	Son 10 Yılda Trend Olan Kelimeler	103
Tablo 16.	Yıllara Göre Çalışmaların Dağılımı	107
Tablo 17.	Araştırma Kelime Kombinasyonlarına Göre Yayın Sayıları	108
Tablo 18.	Yayın Sayısının Sektörel Dağılım.....	109
Tablo 19.	Sektörel Bazlı Atıf Sayıları	110
Tablo 20.	En Çok Atıf Alan Yazarlar.....	111
Tablo 21.	Yıllara Göre Atıf Sayısı.....	112
Tablo 22.	Araştırma Yöntemi ve Yayın Sayıları.....	113

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Endüstriyel Devrimler	6
Şekil 2.	İngiliz Müzesi'nde Sergilenen İlk Nanoteknoloji Temelli Kupa	16
Şekil 3.	NNI 2014 Stratejik Planına Göre Nanoteknolojinin Gelişim Hedefleri.....	18
Şekil 4.	Nano Üretim Yöntemleri.....	32
Şekil 5.	Bibliyometrik Analiz Sınıflandırması	37
Şekil 6.	Bibliyometrik Analiz ve Analiz Prosedürü	40
Şekil 7.	Nano Üretim Alanındaki Temel Çalışma Temaları	84
Şekil 8.	WoS Veri Seti Atıf Analizi Ağ Görseli.....	85
Şekil 9.	WoS Veri Seti Atıf Analizi: Kaynaklar Analiz Bulgusu Ağ Görseli.....	86
Şekil 10.	WoS Veri Seti Atıf Analizi: Yazarlar Analiz Bulgusu Ağ Görseli.....	87
Şekil 11.	WoS Veri Seti Atıf Analizi: Organizasyonlar Analiz Bulgusu Ağ Görseli	88
Şekil 12.	WoS Veri Seti Atıf Analizi: Ülkeler Analiz Bulgusu Ağ Görseli.....	88
Şekil 13.	WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi Ağ Görseli	90
Şekil 14.	WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi: Eşik Değeri 30 Ağ Görseli.....	90
Şekil 15.	WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi: Eşik Değeri 35 Ağ Görseli.....	91
Şekil 16.	WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi: Alıntılanan Kaynaklar Analiz Bulgusu Ağ Görseli.....	92
Şekil 17.	WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi: Alıntılanan Kaynaklar Eşik Değeri 100 Ağ Görseli	93
Şekil 18.	WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi: Yazarlar Analiz Bulgusu Ağ Görseli	94
Şekil 19.	WoS Veri Seti Bibliyografik Eşleştirme Analizi: Ülkeler Analizi Ağ Görseli	95
Şekil 20.	WoS Veri Seti Bibliyografik Eşleştirme Analizi: Yazar Analizi Ağ Görseli	96
Şekil 21.	WoS Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Yazarlar Arası Ağ İlişkisi Görseli	98
Şekil 22.	WoS Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Kurumlar Analizi Eşik Değeri 20 Ağ Görseli	99

Şekil 23.	WoS Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Ülke Analizi Ağ Görseli	100
Şekil 25.	Scopus Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Yazarlar Arası Ağ İlişkisi Görseli	101
Şekil 26.	Scopus Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Organizasyonlar Analizi Eşik Değeri 5 Ağ Görseli	101
Şekil 27.	Scopus Ortak Yazar Analizi: Ülkeler Analizi Ağ Görseli	102
Şekil 24.	WoS Veri Seti Ortak Kelime Analizi: Eşik Değeri 15 Ağ Görseli	104
Şekil 28.	Scopus Veri Seti Ortak Kelime Analizi: Eşik Değeri 5 Ağ Görseli.....	104
Şekil 29.	Sistemik Analiz Aşamaları	105
Şekil 30.	Sektör-Çalışma Sayısı Yüzdesel Dağılımı	110

KISALTMALAR DİZİNİ

2D	: İki Boyutlu
3D	: Üç Boyutlu
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CNT	: Karbon Nanotüp
DoE	: Deneilerin İstatistiksel Tasarımı
DPN	: Kalem Nanolitografi
EHS	: Çevre, Sağlık ve Güvenlik Riskleri
IoT	: Nesnelerin İnterneti
LCA	: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
MC	: Süreklilik Mekaniği
NIL	: Nanoimprint Litografi
nm	: Nanometre
NNI	: National Nanotechnology Initiative
NSF	: Ulusal Bilim Vakfı
NSTC	: National Science and Technology Council
RA	: Risk Değerlendirmesi
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
STEM	: Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik
SWNT	: Tek Duvarlı Karbon Nanotüpler
WoS	: Web of Science

GİRİŞ

Üretim yönetimi, üretim süreçlerini planlama, kontrol etme ve optimize etme sürecidir. Bu disiplin, kaynakları etkili bir şekilde kullanarak ürün ve hizmet üretimini yönetmeyi amaçlar. Bu bağlamda, üretim yönetimi, endüstriyel uygulamalarda rekabet avantajı sağlayan temel bir stratejik unsurdur.

Nanoteknoloji, malzemelerin ve sistemlerin nanometre ölçeğinde üretilmesini içeren multidisipliner bir bilim dalıdır. Nanoteknoloji, yaklaşık 100 nm boyutlarında, bireysel moleküllerle ve toplu malzemelerle kıyaslandığında farklı özellikler sergileyen yapılar ve cihazlar geliştirme ve kullanma sürecini kapsar. Bu teknoloji, atomik ve moleküler düzeydeki kontrol mekanizmalarını kullanarak belirli fonksiyonlara yönelik özel nano yapılar ve cihazlar üretme kapasitesine sahiptir (Lindquist v.d., 2010). Nano üretim ise, nanoteknoloji prensiplerini kullanarak malzemelerin, cihazların veya ürünlerin ölçeklenebilir ve tekrarlanabilir bir şekilde üretilmesini ifade eder. Nano üretim, nano materyallerin kontrollü bir şekilde düzenlenmesini ve montajını içerir. Bu süreç, endüstriyel uygulamalarda yeni nesil ürünlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Üretim yönetimi, nanoteknoloji ve nano üretim, endüstriyel sektörlerde verimlilik, kalite ve inovasyonun artırılmasına yönelik güçlü bir birlikteliği temsil etmektedir. Slack ve arkadaşları (2010), üretim yönetiminin bir işletmedeki tüm alanlarla ilişkili ve etkileşimde olduğunu vurgulamaktadır. Bu disiplinler arasındaki etkileşim, gelecekteki teknolojik gelişmelerin şekillenmesinde kritik bir rol oynayacak ve endüstriyel uygulamalara yeni olanaklar sunacaktır. Bu nedenle bu çalışmada nano üretim kavramının detaylı bir bibliyometrik analizi yapılarak bu kavramın etkileşimde olduğu temalar, ülkeler, yazarlar gibi birçok detaya ulaşılması ve iş birliği ağlarının tespit edilmesi hedeflenerek yorumlanmıştır. İkinci bir analiz olarak, üretim ve işlemler yönetimi kavramları ile ilişkili anahtar kelimeler ve belirli filtrelemeler ile mevcut çalışmalar sistematik analiz yöntemi ile incelenerek, çalışmaların amacı, literatüre katkısı, sektörü, araştırma yöntemi, ele aldığı üretim problemi ve önerileri değerlendirilmiştir.

Tez çalışmasındaki değerlendirme ve tartışma sonucunda bir nano üretim çalışma alanları çerçevesi oluşturularak, bu çalışmanın gelecek araştırmaları destekleyebilecek bir çalışma olması amaçlanmıştır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde üretim ve üretim yönetimi kavramına ilişkin genel kavramsal yapı, küresel eğilimler, endüstriyel devrimler ve üretim kavramının tarihsel gelişimi incelenmiştir. İkinci bölümde; nanoteknoloji ve nano üretim kavramları detaylı olarak incelenerek kavramların dünyadaki ve Türkiye'deki mevcut durumu açıklanmıştır. Nanoteknolojinin sektörel kullanım alanlarına ve nano üretim yöntemlerinin incelenmesine de değinilmiştir. Üçüncü bölümde, bibliyometrik ve sistematik analizin temel çerçevesi, analizlerin detayları ve sınıflandırılması, bibliyometrik yasalar ve analiz teknikleri incelenmiştir. Dördüncü bölümde ise araştırmanın amacı, uygulama yöntemi ve hedefleri üzerinde durulmuş ve nano üretim konusu ile doğrudan veya dolaylı olarak gerçekleştirilen bibliyometrik ve sistematik çalışmalar ve analiz sonucunda elde edilen bulgular incelenmiştir. Her iki analiz için de araştırma sorularının cevapları değerlendirilerek yorumlanmıştır. Sonuç ve değerlendirme bölümünde ise iki analizin bulguları detaylı olarak tartışılarak yorumlar yapılmıştır. Çalışmanın kısıtları da bu bölümde belirtilmiş ve analizlerin sonuçları üzerine bir değerlendirme yapılarak gelecek araştırmalar için önerilerde bulunulmuştur.

1. BÖLÜM: ÜRETİM VE ÜRETİM YÖNETİMİ

Bu bölümde üretim yönetimi kavramına ve üretim yönetiminin tarihsel değişimine değinilecektir. Ek olarak üretim yönetiminin dünyadaki mevcut durumu ve Türkiye'deki güncel gelişmeleri incelenecek ve üretim yönetimi ile ilgili son yıllarda hızla gelişen kavramlar ve küresel eğilimler ele alınacaktır.

1.1. ÜRETİM

Üretim süreci, ham veya yarı işlenmiş materyallerin, işgücü ve teknolojinin bir araya getirilmesiyle son ürünlerin elde edildiği bir dönüşüm sürecidir. Bu süreç, ilk tasarım aşamasından başlayarak, montaj işlemleri ve nihai kalite kontrolüne kadar bir dizi süreci kapsar ve doğrudan/dolaylı olarak tüm operasyonel süreçlerle ilişkilidir. Endüstriyel devrimlerle birlikte gelişime devam ederek, küresel boyutlardaki önemi gün geçtikçe artan bir kavramdır.

1.1.1. Üretim Kavramına Genel Bakış

Üretim, ürünün faydasını yaratmak veya artırmak amacıyla, kimyasal veya mekanik işlemler yoluyla bir malzeme formunun başka bir forma adım adım dönüştürülmesidir. 20. ve 21. yüzyıllarda üretim kavramı önemli bir rol oynamaktadır. Sanayi devrimleri ile de üretimin sürekli gelişimi gözlemlenmektedir. Pazarda arz ve talebin sürekli değişmesi ve arasındaki uyumsuzluklar ve süreçlerdeki sürekli değişim, firmaları endişeye sürüklemiş ve üretimin sürekli gelişim gerekliliğini göstermiştir. Hacim, çeşitlilik, zaman, kalite, fiyat, marka ve tasarım gibi birçok faktör arz-talep ilişkilerini etkilemektedir ve dolaylı olarak üretim ve süreçleri de etkilenmektedir (Yin v.d., 2018).

Arz talep ilişkisindeki değişimler, üretim sistemlerinin geliştirilmesini de sağlamıştır. Mourtzis ve Doukas (2014), üretim sistemlerinin gelişimini kronolojik olarak zanaat üretimi, Amerikan üretimi, seri üretim, yalın üretim, kitlesel kişiselleştirme ve küresel imalat olarak sınıflandırmıştır.

ElMaraghy ve arkadaşları (2021), üretim sistemlerinin, yeni etkenler, daha gelişmiş olanaklar ve yıkıcı teknolojiler ve iş modelleri ile karakterize edilen bir ekosistemde, tasarım, yapılandırma, işletim ve kontrol açısından sürekli olarak geliştiğini ve sosyo-teknik gelişmeler ve iş stratejilerinin ileride bu alanı daha da geliştireceğini vurgulamaktadır. Belirli ürünlerin imalatında yer alan birbiriyle ilişkili yönetim faaliyetleri kümesine ise üretim yönetimi denir.

1.1.2. Üretimin Tarihsel Gelişimi

İki yüzyılı aşkın süredir ekonomik büyümenin temel dinamiklerinden biri olarak kabul edilen üretim ve üretim yönetimi, 18. yüzyıl öncesinde zanaatkarların öncülüğünde başlayan üretim anlayışının ardından, 1760'lı yıllarda başlayan sanayi devrimleriyle dünya genelinde üretim ve tesislerin sayısında belirgin bir artışa sebep olmuştur. Hopp ve Spearman (2001), üretimdeki evrimi inceleyerek, çalışmalarında Adam Smith, Frederick Taylor ve Henry Ford gibi öncülerin üretimin tarihsel gelişimine sağladığı katkıları ele almıştır. Bu gelişim süreci, 1764'te James Watt'ın buhar makinesini icat etmesiyle büyük bir ivme kazanmış ve ardından Adam Smith'in 1776'da fabrika sisteminin önemini vurgulaması, Eli Whitney'nin 1790'da standart ve değişken parçalar kavramını tanıtmaları ve sonrasında da özellikle tekstil sektörü için çığır açan, pamuğu daha verimli bir şekilde ayıran makineyi icat etmesi (Wen ve Jeffreys, 2022), Charles Babbage'ın 1832'de iş bölümünün ekonomik yararlarına değinmesi gibi adımlarla devam etmiştir. Bu yenilikler Amerikan Sanayi Devrimini etkileyen önemli gelişmelerdir. 19. yüzyılın ortalarına gelindiğinde ise, büyük ölçekli üretim tesisleri dünya çapında yaygınlaşmış ve kitlesel üretimin temelleri atılmıştır.

20. yüzyılın başlarında, Frederick J. Taylor'ın bilimsel yönetim yaklaşımını geliştirerek üretime sistematik bir bakış açısı kazandırması, verimlilik, iş yeri düzeni ve hareket etüdü kavramlarını ortaya çıkarması önemli bir dönüm noktası olmuştur. Ek olarak bilimsel yönetim anlayışı ile işçilerin performansının izlenmesi, yönetici ve çalışan arasındaki iş paylaşımı, planlamada yazılı talimatlar, çalışan motivasyonu gibi çığır açan konulara da değinmiştir (Tomac v.d., 2019). Ayrıca Taylor, planlamanın üretimin bir parçası değil, bağımsız bir yetenek olarak ele alınmasını da savunmuştur. Bu dönemde Frank Gilbreth'in 1911'de hareket ekonomisi ilkelerini ortaya koyması ve Henry Ford'un

1913'te montaj hattını geliştirmesi de üretimde büyük bir dönüşüm yaratmıştır. Ford, Taylor'un bilimsel yönetim anlayışlarını seri üretim tesislerinde uygulamıştır (Tomic v.d., 2019). 1930'larda Elton Mayo ve araştırma grubunun çevresel koşulların montaj hattındaki verimliliğe etkisini incelemesiyle insan faktörünün önemi belirginleşmiştir.

1950'li yıllarda Deming, Juran ve Crosby gibi öncüler, kalite yönetimi ilkelerini üretim süreçlerine entegre ederek kalite kavramını vurgulamıştır (Paraschivescu v.d., 2014). 1960'lı yıllarda otomasyon tabanlı üretim sistemleri geliştirilirken, 1970'ler ve 1980'ler, bilgisayarların üretim süreçlerinde kullanımının yaygınlaşmasına tanık olmuştur. 1980'den günümüze kadar, Endüstri 4.0 devrimiyle birlikte büyük veri, bulut teknolojileri, nesnelerin interneti ve akıllı fabrikalar gibi kavramların kullanımı artmış, bu da üretim ve operasyon yönetiminin küresel ekonomi üzerindeki önemini daha da artırmıştır. Bu evrimsel süreç, üretim ve yönetimde teknolojik inovasyonların ve yönetim ilkelerinin tarihsel sürekliliğini göstermektedir.

1.1.3. Endüstriyel Devrimler

Modern endüstriyel gelişimin başlangıcından bu yana, 18. yüzyılın ortalarında, yaklaşık yarım yüzyıllık periyotlar izlenmiştir ve her biri en az bir büyük yenilikle belirlenmiştir (Xu v.d., 2018). Şekil 1'de belirtilen dört ana endüstriyel devrim, üretim sistemlerinin etkinliği, verimliliği ve üretkenliğinin iyileştirilmesiyle tüm dünyayı sürekli olarak daha iyi bir refah seviyesine taşımaya katkıda bulunmuştur. Bunların her biri, enerji kaynağı, teknik başarı, geliştirilen endüstriler, ulaşım araçları ve zorluklar açısından karakterize edilmiştir.



Şekil 1. Endüstriyel Devrimler (Hassoun v.d., 2023)

İlk endüstri devrimi, 18. yüzyılın ilk yarısında İngiltere'de gerçekleşmiştir ve ana enerji kaynağı olarak kömür kullanımına dayanmaktadır. Kömür, üretimin mekanizasyon sürecini başlatan buharlı motorun tanıtılmasını sağlamıştır. Böylelikle bu devrim, feodal tarıma dayalı bir toplumdan sermaye tabanlı bir sanayi toplumuna geçişi tetikleyerek, istihdam, çıktı değeri ve yatırılan sermaye açısından tekstil ve çelik endüstrilerinin mevcut durumlarını değiştirmiştir (Xu v.d., 2018).

İkinci endüstri devrimi, 1870'ten itibaren elektrik ve kimyasalların tanıtılmasıyla geleneksel olarak başlamıştır. Daha sonra, 1900'de içten yanmalı motorun ortaya çıkmasıyla ve bunun sonucunda petrolün yeni bir enerji kaynağı olarak kullanımının artmasıyla daha güçlü bir etki yaratmaya başlamıştır. Bu, petrol ve kömür ile ortaya çıkan elektrik enerjilerini kullanarak seri üretimi güçlendiren hızlı bir endüstrileşmeyi beraberinde getirmiştir. Özellikle, otomobil endüstrisi bu bağlamda en dinamik sektörlerden biridir.

20. yüzyılın ikinci yarısında, üçüncü endüstri devrimi, batıdaki gelişmiş ülkelerden başlayarak gerçekleşmiştir. Elektronik sistemlerin ve bilgi teknolojisinin doğuşu, üretim yapısının ve genel olarak sosyo-ekonomik dokunun otomasyonu temelinde bir dizi dönüşüm sürecini beraberinde getirmiştir. Üçüncü devrim, teknolojik yenilik konusunda

güçlü bir şekilde başlamış ve bu da bilgisayarların, robotların, ilk uzay araçlarının ve uyduların doğuşuyla yakından ilişkilendirilmiştir. Bu gelişim ekonomik kalkınmayı da beraberinde getirmiştir. 1980'ler ve 1990'lardan itibaren, Çin ve Hindistan gibi diğer ülkeler de dahil olmak üzere dünyanın geri kalanı da bu sürece dahil olmuştur. Üçüncü endüstri devriminin getirdiği yeniliklerden (özellikle programlanabilir mantıksal denetleyicilerden) dijital çağa geçiş yapılmıştır (Derya, 2018).

Endüstri 4.0, imalat endüstrilerini yeni bir seviyeye taşıyan dördüncü endüstri devrimi olarak tanımlanmaktadır. Bu dönemde, Nesnelerin İnterneti (IoT) bileşenleri ve bulut bilişim gibi teknolojiler, sanal ve fiziksel ortamlar arasında gerçek zamanlı etkileşimin sağlanması için entegre edilmiştir. Gelişmiş analitik araçlarla birlikte kullanılan bu teknolojiler, siber- fiziksel sistemlerin ortaya çıkmasına olanak tanımıştır. Bu sistemler, üretim süreçlerini daha akıllı ve otomatik hale getirerek üretim maliyetlerinde tasarruf sağlamak, kalite yönetimini artırmak ve lojistik süreçleri iyileştirmek için kullanılmaktadır. Büyük veri analitiğiyle elde edilen veriler, daha verimli değer zincirlerinin oluşturulmasına ve organizasyonların rekabet gücünün artmasına yardımcı olmuştur (Güdek, 2023). Endüstri 4.0'ın temel hedefleri arasında akıllı fabrikaların kurulması, dijital dönüşüm ile optimize edilmiş üretim hatlarının ve akıllı ürünlerin geliştirilmesi bulunmaktadır. Fosso Wamba ve arkadaşları (2022) çalışmasında, Endüstri 4.0 ile dijital dönüşümde, özellikle de yapay zekanın operasyon yönetimi, üretim planlaması ve kontrolü, üretkenlik ve performans üzerindeki potansiyel etkisinin çok büyük ve önemli olduğunu vurgulamıştır.

1.1.4. Üretimde Küresel Eğilimler

Dünya ticaretinin %70'ten fazlası doğrudan sanayi faaliyetleriyle bağlantılıdır ve iş pozisyonlarının %60'ından fazlası imalat sektörüyle ilişkilidir. Dünya Bankası tarafından toplanan verilere istinaden imalat sektörünün sadece küresel sanayi güçleri için gayri safi yurt içi hasılabın (GSYİH) büyümesine %20-40 arasında katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir (WMF, 2019).

Garetti ve Taisch (2012), dünya genelinde endüstrideki gelişimleri anlamak için mega trendleri takip etmenin gerekliliğini savunmaktadır. Dünya, geçmişten günümüze geniş kapsamlı ve sürekli evrilen bir dönem yaşamaktadır; bu dönemde, nüfus artışı, artan kentselleşme ve yaşam kalitesi arayışıyla birlikte, özellikle gelişmekte olan ülkelerde büyük değişimler yaşanmaktadır. Kaynakların kontrolsüz kullanımı, çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi sorunlar, toplumlar üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle, dünya genelinde endüstrideki gelişimleri anlamak için mega trendleri takip etmek gerekmektedir. Ek olarak, ekonomik dengelerin doğuya kayması, yeni pazarların ve demografik etkilerin ortaya çıkmasıyla birlikte, dünya ekonomisinde derinlemesine bir yeniden yapılanma yaşanmaktadır. Bu değişimler, küresel kaynak kullanımı ve toplumsal ihtiyaçlar üzerinde belirgin etkilere sahiptir (Sassanelli v.d., 2023)

Günümüzde ekonomik dengelerin batı ülkelerinden doğu ülkelerine kaymasıyla birlikte, gelişmekte olan ülkelerin ekonomik güçlerini demografik nedenlerle dünya kalkınmasını yönlendirmek için kullanma isteği, köklü bir ekonomik dönüşüm yaşatmaktadır. Zamanla, talep ve tüketim profilleri yapısal olarak değişmiş ve bu da tedarik ve üretim biçimlerinin uyarlanması gerektirmiştir. Talep ve tüketim profillerinin güncel durumları değerlendirildiğinde;

- Modern tüketici talepleri, standartlaştırılmış ürünlerden kişiselleştirilmiş ürünlere kaymıştır.
- Pazar, sürekli yenilik arayışındadır ve mülkiyet kavramı değişime uğramıştır (Porter ve Heppelmann, 2014).
- Hiper-tüketim modelinin neden olduğu sorunlar, yeni ve gelişmekte olan ekonomilerde de görülmektedir.
- Sürdürülebilirlik ve yeşil üretim trendleri, önemli hale gelmiştir. Tüm bu değişimlerin yanı sıra, teknolojik evrim de hızlı ve sürekli olarak devam etmektedir.

Yüzyıllar boyunca neredeyse durağan evrimsel ritimlerin ardından, son yüzyılda teknolojik gelişim insanlık tarihinde daha önce görülmemiş bir hıza ulaşmıştır. Bu, üretim

tekniklerinden malzemelere, bio bilimlerden bilgi teknolojisine kadar tüm alanlarda geçerli olacak şekilde hayatlarımızı kökten değiştirmiştir (Sassanelli, 2023).

Üretimde küresel eğilimler incelendiğinde işlemler yönetimi kavramı da ön plana çıkmaktadır. Endüstri 4.0 gelişmeleri, geleneksel yöntemlerin otomatikleştirilmesi, çalışanların güvenlik ve sağlığına odaklı iş ve üretim süreçlerinin geliştirilmesi, ekipler arası iş birliğini sağlamak için entegre bir iletişim sisteminin kurulması, üretim yönetiminde verilecek kararlar açısından veri analizlerinin düzenli olarak yapılması, toplam kalite yönetimi ilkelerine uyumluluğa bakılması gibi konular ön plana çıkmaktadır (Tsarouhas, 2023).

1.2. ÜRETİM YÖNETİMİ

Üretim yönetimi, bir işletmenin mal veya hizmet üretim sürecini en verimli ve ekonomik şekilde yapmayı amaçlayan bir sistemdir. Bu süreç, mevcut kaynakları, makine ve insan gücünü en etkili şekilde kullanarak işletmenin belirli bir süre içinde istenen miktarda ürün veya hizmeti, belirlenen kalite standartlarında ve belirlenen zaman çerçevesinde üretebilmesini sağlamayı hedefler. İşletmelerin üretim yönetimi çabaları, optimal üretim koşullarını oluşturarak ekonomik açıdan verimli bir üretim süreci sağlamaya odaklanır.

1.2.1. Üretim Yönetimi Kavramına Genel Bakış

Üretim yönetimi, bir işletmenin üretim süreçlerini planlama, organize etme, yönlendirme ve kontrol etme sürecidir. Bu süreçler, hammaddelerin tedariki, üretim işlemleri, kalite kontrol, stok yönetimi ve dağıtım gibi bir dizi faaliyeti içerir. Bu kavram, üretim süreçlerinin verimli ve etkili bir şekilde yönetilmesini amaçlar, böylece işletme kaynaklarını optimal bir şekilde kullanabilir ve müşteri taleplerini karşılayabilir.

Üretim yönetimi genellikle endüstri mühendisliği, işletme yönetimi ve üretim planlaması alanlarında incelenir. Bu kapsamda, çeşitli yönetim stratejileri, teknikler ve araçlar geliştirilmiştir. Ayrıca üretim yönetimi, sürekli iyileştirme ve kalite kontrol prensiplerini içerir.

Birçok kaynak, üretim yönetimi kavramını detaylı bir şekilde ele almaktadır. Render ve arkadaşları (2017), üretim yönetimini "işletmenin üretim sistemlerini planlaması, organize etmesi, yönetmesi ve kontrol etmesi süreci" olarak tanımlamaktadır. Bu süreçlerin, işletmenin amaçlarına ve müşteri taleplerine uygun olarak optimize edilmesi, rekabet avantajı elde etmek için kritik bir öneme sahiptir. Nahmias ve Olsen (2015) ise üretim yönetimi kavramını "bir işletmenin kaynaklarını kullanma, ürünleri üretme ve müşterilere sağlama süreci" olarak tanımlar. Bu tanım, üretim yönetiminin temel amaçlarına vurgu yaparak, işletmenin sürdürülebilir bir rekabet avantajı elde etmesine odaklanmaktadır.

Üretim yönetimi, günümüzde işletmelerin rekabetçi bir ortamda ayakta kalabilmeleri ve büyüebilmeleri için kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, literatürdeki çeşitli kaynaklar, işletmelerin üretim süreçlerini etkili bir şekilde yönetmelerine yönelik stratejileri ve en iyi uygulamaları ele almaktadır. Yavuz'a (2018) göre, işletmenin operasyonlarının planlanması ve uluslararası hale gelmesi gerekmektedir. Böylelikle entegre tedarik zincirine ulaşılabilir ve rekabet gücü artırılabilir.

Üretim Yönetimi kavramının tarihsel gelişimi incelendiğinde ise yirminci yüzyılın başlarında F.W. Taylor, Smith'in teorilerini uygulayarak bilimsel yönetim anlayışını geliştirmiştir. 1930'a kadar olan dönemde, geleneksel görüşün hâkim olduğu birçok teknik geliştirilmiştir. "Üretim Yönetimi" terimi çok da detaylandırılmadan 1950'lere kadar genel olarak kabul görmüştür. F.W. Taylor'ın çalışmalarının yaygınlaşmasıyla birlikte, yöneticiler ekonomik verimlilik odaklı teknikler geliştirmeye ve işçileri uzmanlık alanlarına göre çalışma alanlarına yerleştirmeye devam etmişlerdir. Böylelikle verimsiz ve boş çabaları ortadan kaldırmayı amaçlamışlardır. Aynı dönemde, değişen yönetsel yaklaşımlar doğrultusunda psikologlar, sosyal bilimciler ve uzmanlar bu yönetim şeklinin iş ortamındaki insanlar ve davranışları üzerindeki etkisini incelemeye başlamışlardır. Ekonomistler, matematikçiler ve teknik uzmanlar ise daha karmaşık analitik yaklaşımlar geliştirip sunarak bu alana katkıda bulunmuşlardır. 1970'li yıllarda ise, operasyon ve üretim yönetiminde iki önemli değişiklik gözlemlenmiştir. İlk olarak, ekonominin hizmet ve imalat sektörlerindeki değişimi nedeniyle "üretim" teriminin yerine "işlemler" terimi kullanılmış ve bu alanın hizmet organizasyonlarını da kapsayacak şekilde genişlemesini

sağlamıştır. İşlemler yönetimi, ürün ve hizmetlerin üretim ve dağıtım süreçlerinin tasarlanması, yönetimi ve iyileştirilmesi ile ilgilenen bir işletme alanıdır. Her türlü kuruluştaki, büyüklüğü veya sektörü ne olursa olsun, kritik bir işlevi yerine getirir. İşlemler yönetimi, girdilerin etkin ve verimli bir şekilde çıktılara dönüştürülmesiyle ilgilenir. Girdiler arasında ham maddeler, iş gücü, enerji, bilgi ve sermaye bulunabilir. Çıktılar ise mallar, hizmetler veya her ikisinin bir kombinasyonu olabilir. İşletme yönetimi karmaşık ve zorlu bir alan olmakla birlikte, bir organizasyonun başarısı için de zorunludur (Burki ve Akhtar, 2022).

1.2.2. Üretim Yönetiminin Dünyadaki Mevcut Durumu

Üretim yönetimi dünyada sürekli değişen bir alan olup, teknolojik gelişmeler, küresel rekabet ve sürdürülebilirlik gibi faktörlerden etkilenmektedir. Özellikle 2022 itibarıyla, üretim yönetiminde şu trendler gözlemlenmektedir;

Dijital Dönüşüm: Endüstri 4.0 olarak bilinen bu yaklaşım, üretimde dijital teknolojilerin ve internetin kullanımını içerir. Nesnelerin İnterneti (IoT), yapay zekâ, büyük veri analitiği gibi teknolojiler, üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve esnek hale getirmek için kullanılmaktadır. Bu dijital dönüşüm ve yeni teknolojilerin benimsenmesi, geleneksel şirketlerin, stratejilerinin ve yönetim uygulamalarının değişikliklerin süreçlere adaptasyonunun gerekliliğini vurgulamaktadır (Hess v.d., 2016).

Akıllı Üretim ve Robotik Uygulamalar: Otomasyon ve robot teknolojileri, üretim süreçlerinde daha fazla kullanılmaktadır. Bu, işgücü maliyetlerini düşürerek ve üretim hızını artırarak işletmelerin rekabet avantajı elde etmelerine yardımcı olmaktadır. Geleneksel olarak robotlar üretimde tekrarlayan ve basit görevleri yerine getirmek için kullanılıyordu. Ancak teknolojiye ilerlemelerle birlikte araştırmacılar karar verme ve eleştirel düşünceyi robotların gücü, tekrarlanabilirliği ve doğruluğu ile birleştirmenin yollarını araştırmaktadır. İnsanlar ve robotlar üretim süreçlerinin optimizasyonunda işbirliği içinde çalışarak verimlilik ve kaliteyi arttırabilirler. (Othman ve Yang, 2023)

Sürdürülebilir Üretim: İklim değişikliği endişeleri ve sürdürülebilirlik odaklı tüketici talepleri doğrultusunda, işletmeler üretim süreçlerini daha çevre dostu ve enerji verimli hale getirmeye yönlendirmiştir. Yeşil üretim uygulamaları giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Geleneksel üretim yöntemlerindeki israfı azaltmak, üretim süreçlerine değer katmak, yalın ve yeşil üretim kavramları sürdürülebilir üretimin amaçlarındandır (Gholami v.d., 2021).

Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi: Küresel ticaretin artmasıyla birlikte, üretim yönetimi sadece kendi tesislerinde değil, aynı zamanda küresel tedarik zincirinde de etkili bir şekilde yönetilmelidir. Bu, lojistik, stok yönetimi ve tedarikçi ilişkilerinin stratejik bir şekilde ele alınmasını gerektirir.

İnsan-Makine İş Birliği (HMI): İnsanlar ve makineler arasındaki iş birliğini artıran çeşitli teknolojiler, üretim süreçlerinde daha esnek ve verimli çalışma ortamlarının oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

1.2.3. Üretim Yönetiminde Türkiye'deki Yenilikler

Türkiye'de üretim yönetimindeki yenilikler, özellikle pandemi döneminde önemli bir dönüşüm yaşamıştır. Bu dönemde Türkiye, özellikle tarım ve tekstil sektöründe hızlı büyüme göstermiştir. Kapasite kullanım oranlarındaki artışla birlikte, yerli ürünler dünyanın 225 farklı noktasına ulaşmış ve 12 aylık ihracatta 200 milyar dolar sınırı aşılmıştır. Stratejik konumu, nitelikli iş gücü ve lojistik avantajları sayesinde Türkiye, birçok ülkenin ürün ve hizmet talebinde önemli bir rol oynamaktadır (İHKİB, 2021).

Bunun yanı sıra, Endüstri 4.0'ın etkileri Türkiye'deki üretim ve lojistik yönetiminde de kendini göstermektedir. Dijital dönüşüm, iş modellerini, iş yapış süreçlerini ve iş hayatının gerektirdiği nitelikleri ve meslekleri değiştirmeye başlamıştır. Endüstri 4.0 teknolojileri, iş gücü piyasasını etkileyerek geleceğin mesleklerine ve iş yapış şekillerine yön vermektedir. Bu süreçte yeni teknolojilerle uyum sağlayan iş gücü piyasasının gereklilikleri ve etkileri ön plana çıkarak rekabeti etkilemektedir (Özışık ve Şahin, 2022).

Lojistik yönetiminde Endüstri 4.0'ın etkilerine yönelik Öztemel ve Gürsev'in (2018) çalışmasına istinaden, bu yeni dönüşümün fırsatlar ve yatırımlar açısından

değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Endüstri 4.0, sürdürülebilir üretim ve lojistik süreçlerinde yeni yaklaşımlar sunarak, işletmelerin rekabet edebilirliğini artırma imkânı sağlamaktadır. Rekabet avantajı sağlamak adına, işletmelerin Endüstri 4.0'a hazırlıklı olmaları ve bu teknolojileri etkili bir şekilde kullanmaları gerekmektedir.

Son zamanlarda bahsedilen gelişmeler, Türkiye'nin üretim ve lojistik yönetiminde önemli bir dönüşüm yaşadığını ve Endüstri 4.0 teknolojilerinin bu süreçte kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerin getirdiği yenilikler, Türkiye'nin küresel rekabetçiliğini artırma ve sürdürülebilir bir ekonomik büyüme sağlama yolunda önemli adımlar attığını işaret etmektedir.

Sektörel bazlı bazı gelişmelere örnek vermek gerekirse, özellikle son yıllarda otomotiv, enerji, taşıtlar, kâğıt endüstrisi gibi sektörlerdeki üretim gelişmeleri öne çıkmaktadır

Otomotiv sektöründe, Hyundai, Mitsubishi ve Renault gibi markalar İzmit, Bursa gibi şehirlerde üretim yapmaya başlamışlardır. Örneğin, Hyundai i10 ve i20 modelleri, Mitsubishi Colt ve Renault Clio, Türkiye'deki tesislerde üretilmeye başlanmıştır. Ek olarak, Türkiye'de otomotiv sektöründe endüstri 4.0 teknolojileri ile akıllı fabrika uygulamaları artmaya başlamıştır (Barut v.d, 2020).

Enerji sektöründe ise yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar dikkat çekmeye başlamıştır. Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde rüzgâr, güneş ve hidroelektrik santralleri ile yenilenebilir enerji üretimine önemli katkılar sağlanmaktadır. Türkiye'nin önde gelen enerji şirketleri, sürdürülebilir enerji alanında yaptıkları yatırımlarla çevreye duyarlı üretimin desteklendiğinin bir kanıtı olabilir. "2012-2023 Enerji Verimliliği Strateji Belgesi" ile Türkiye için uzun vadeli bir enerji vizyonu oluşturulmuştur. Bu dokümanda, enerji etkinliğine büyük bir önem atfedilmiş, yenilenebilir enerji üretiminin konut sektöründeki rolüne dikkat çekilmiş ve binaların enerji ihtiyacı ile karbon emisyonunun azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kullanımı ve üretimi sayesinde çevreye duyarlı binaların inşasının altı çizilmiştir (Aydoğdu, 2021).

İmalat sanayiinde, İstanbul Sanayi Odası'nın verilerine göre, üretim özellikle kara ve deniz taşıtları, elektrikli ve elektronik ürünler ile ağaç ve kâğıt ürünleri sektörlerinde artış göstermektedir. Pandemi sonrası kısıtlamaların kaldırılmasıyla birlikte, bu sektörlerdeki üretim hacimleri artmaya başlamıştır.

Verilen örnekler, Türkiye'nin çeşitli sektörlerdeki üretim ve yenilik alanlarında önemli adımlar attığını ve gelişmeye devam ettiğini göstermektedir. Hem yerel hem de global pazarlarda rekabet avantajı elde edebilmek adına yapılan bu yenilikler, Türkiye'nin ekonomik büyümesine de katkı sağlamaktadır.

2. BÖLÜM: NANOTEKNOLOJİ VE NANO ÜRETİM

Bu bölümde nanoteknoloji ve nano üretim konseptleri hakkında detaylı bilgiler verilecektir. Nanoteknolojinin tarihsel gelişimine kronolojik bir sırayla değinilecek ve Dünya genelindeki ve Türkiye'deki mevcut durum ve çalışmalar incelenecektir. Bununla birlikte nano üretim kavramına detaylı bir bakış verilecek ve nano üretim yöntemleri incelenecektir.

2.1. NANOTEKNOLOJİ VE NANO ÜRETİM KAVRAMLARI

Nanoteknoloji, maddenin en temel düzeyindeki yapı taşları olan atomlar ve moleküllerle çalışmayı içeren bir teknoloji dalıdır. Bu teknoloji, malzemeleri atomik ve moleküler düzeyde manipüle etmeyi, incelemeyi ve kullanmayı hedefler. Başka bir deyişle nanoteknoloji, en az bir boyuttaki en küçük işlevsel organizasyonu nanometre ölçeğinde olan malzeme ve cihazların tasarımı, sentezi, karakterizasyonu ve uygulanmasıyla ilgilenen bilim ve mühendislik olarak da tanımlanabilir (Sahoo v.d., 2017). Nanoteknoloji, genellikle nanometre ölçeğinde çalışır ve bu da bir nanometre 0.000000001 (10 üzeri -9) metrelik bir uzunluğu ifade eder. Bu aşamada nanometre kavramının somut bir ölçeği olsa da günlük hayatımızdan birkaç örnek sunarak bu ölçeğin boyutunu daha kapsamlı algılayabiliriz. Örneğin, insan saçının tek bir telinin genişliğini oluşturmak için 50,000 nm gerekmektedir. Nanometre ölçeğini en iyi şekilde anlayabilmenin bir diğer yolu ise, santimetreden nanometreye kadar olan uzunluk ölçeklerini bazı örnekler ile tarif etmek olabilir (Allhoff v.d., 2009). Bir karınca yaklaşık olarak 5 mm (1/1000 metre) boyutundadır. Bir iğnenin ucu 1-2 mm kadardır. Bir toz akarı 200 µm (1/1000000 metre) boyutundadır. İnsan saçı, toz akarının yaklaşık yarısı kadar genişliğindedir, yani 100 µm'dir (Allhoff v.d., 2009). Son olarak nanoteknoloji, birçok farklı bilim ve mühendislik disiplinini içerir, bu da onu çok yönlü bir bilim dalı haline getirir.

Nanoteknolojinin temel amacı, nano maddelerin ve nano yapıların özelliklerini ve fonksiyonlarını anlamak ve bu bilgiyi farklı alanlarda kullanmak, özellikle de malzeme biliminde, tıpta, elektronikte ve enerji üretiminde. Bu teknoloji, daha dayanıklı

malzemeler üretmeyi, ilaçları ve tıbbi cihazları geliştirmeyi, daha etkili güneş panelleri üretmeyi ve daha fazlasını mümkün kılar.

2.2. NANOTEKNOLOJİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Nanoteknolojinin temelleri antik dönemlere dayanmaktadır. Antik dönemlerden kalma nanoteknolojinin en somut örneği kabul edilen, MS 4. yüzyıl Roma dönemine ait Lycurgus kupası özellikle cam endüstrisinin 1600 yıllık başarılı örneklerinden biridir. Bu kupanın en önemli özelliklerinden biri farklı ışıklar altında renk değiştiriyor olmasıdır. Bu renk değişiminin de nanoteknoloji ile bağdaştığı nokta, bu renk değişimine sebep olan nano boyutlardaki renk pigmentleridir (Baykara, 2016). Hala İngiliz Müzesi'nde (British Museum) sergilenen Şekil 2'deki kupanın farklı ışıklar altındaki yeşil ve kırmızı görselleri aşağıdaki şekilde görüntülenmiştir. 6. ve 15. Yüzyıllar arasında ise özellikle katedral ve kiliselerde kullanılan vitray (renkli camların birleşmesi ile oluşan yapı) pencerelerde de nano pigmentlerin etkisi görülmektedir. Pencerelerde altın katkı maddeleri ve diğer metallerin nanopartikülleri bulunmuştur (Tolochko, 2009).



Şekil 2. İngiliz Müzesi'nde Sergilenen İlk Nanoteknoloji Temelli Kupa

Nano boyutlardaki renk pigmentleri 15-16. Yüzyılları arasında İznik Çinilerinde de görülmektedir. Nano pigmentler kullanılarak elde edilen canlı motifler, çini üretimlerinde kullanılarak günümüze kadar gelmiştir (Erkoç, 2012). Nano pigmentlerin keşfi ve kullanımından sonra 18. yüzyılda keskinliği ve dayanıklılığı ile döneminde meşhur olan Dımışki Kılıcı'nın yapımında da nano malzemelere yer verilmiştir. Bu nano malzemeler karbon nanotüpleridir (Reibold v.d., 2006).

Feynman'ın ünlü konuşmasına kadar nanoteknoloji ile ilgili iki önemli gelişme daha olmuştur. Bunlardan ilki 1905 yılında, ünlü fizikçi Albert Einstein'in bir şeker molekülü ile ilgili yazmış olduğu makalesidir. Bu makalede şeker molekülü nanometre ölçü birimi ile ölçeklendirilmiştir (Stix, 2001). İkinci olarak ise 1931 yılında ünlü fizikçiler Max Knoll ve Ernst Ruska nano ölçekte partikül görüntülenmesini sağlayan bir taramalı elektron mikroskopunu ortaya çıkartmıştır (Majeed ve Taha, 2013).

Bu çalışmaları takiben nanoteknolojinin, benzersiz boyutların yeni uygulamaları mümkün kıldığı 1 ila 100 nm arasındaki boyutlardaki maddenin anlaşılması ve kontrol edilmesi olarak tanımlandığı görülmektedir. 1959 yılında Amerikan Fizik Komitesinin düzenlediği toplantıda Richard P. Feynman, teknolojik minyatürleşmenin bir vizyonunu sunarak, bilinen fizik yasalarının ışığında atom ya da moleküllerden oluşan ve nano nesnelere içeren bir teknoloji tasvir etmiştir (Bhushan, 2017). Çığır açan bu tasvirin ardından, bir Japon Bilim Adamı olan Nario Taniguchi ise nanometre mertebesinde meydana gelen yarı iletken süreçlerini tanımlamak için nanoteknoloji kavramını ilk kez kullanan insan olmuştur. Aynı zamanda nanoteknolojinin malzemelerin bir atom veya molekül tarafından işlenmesi, ayrılması, birleştirilmesi ve deformasyonundan oluştuğunu savunmuştur (Hulla v.d., 2015).

Nanoteknoloji tanımının yapılması ve çalışmalarının hızlı bir şekilde artmasından sonra 1993 yılında ilk nanoteknoloji laboratuvarı ABD Rice Üniversitesinde kurulmuştur. 1998 yılından itibaren ise, Feynman ve Taniguchi'nin çalışmaları ışığında nanoteknoloji kavramına yatırımlar başlamıştır. 1998 yılında, Beyaz Saray Bilim ve Teknoloji Politikası Ofisi'nin (OSTP) Ulusal Bilim ve Teknoloji Konseyi (NSTC), nanoteknolojinin yaygınlaşması gerçeğini kabul ederek, Nanobilim, Mühendislik ve Teknoloji üzerine Kurumlararası Çalışma Grubunu (IWGN) oluşturmuştur. Ocak 2000'de Kaliforniya Enstitüsü'nde yapılan bir konuşmada Başkan William J. Clinton, nanoteknolojinin heyecan vericiliği ve nano ölçekli bilim ve teknolojiye araştırılmaları daha geniş çapta genişletmenin önemi üzerine bir konuşma yapmıştır. Bu konuşmayı takiben 2001 yılında Ulusal Nanoteknoloji Girişimi adı altında çok kurumlu bir organizasyon kurulmuştur. Bu girişimin temel amacı, nanobilim ve nano mühendisliğin sınırlarını zorlayacak ve

potansiyellerini gösterebilecek, akademi, özel sektör, federal ve yerel devletlerin bir arada çalışabileceği bir koalisyon kurmaktır (Bhushan, 2017).

Bhushan (2017) bu girişimin 4 ana amacını belirtmiştir, bunlar;

- Evrensel bir nanoteknoloji araştırma ve geliştirme programının oluşturulması,
- Yeni teknolojilerin teşvik edilmesi,
- Nanoteknolojiyi ilerletecek dinamik bir altyapının kurulması
- Yeni teknolojilerin teşvik edilmesi ve bu gelişmelerin desteklenmesidir

Nanoteknoloji araştırmalarına yoğun bir maliyet, kaynak ve iş gücü ayıran Amerika Birleşik Devletleri, Ulusal Nanoteknoloji Girişimi (NNI) desteklemiştir. 2001 ve 2015 yılları arasında Şekil 3'te belirtildiği üzere NNI çalışmalarına önem verilerek gelişim hedef ve stratejileri belirlenmiştir.



Şekil 3. NNI 2014 Stratejik Planına Göre Nanoteknolojinin Gelişim Hedefleri (NNI Stratejik Plan, 2014)

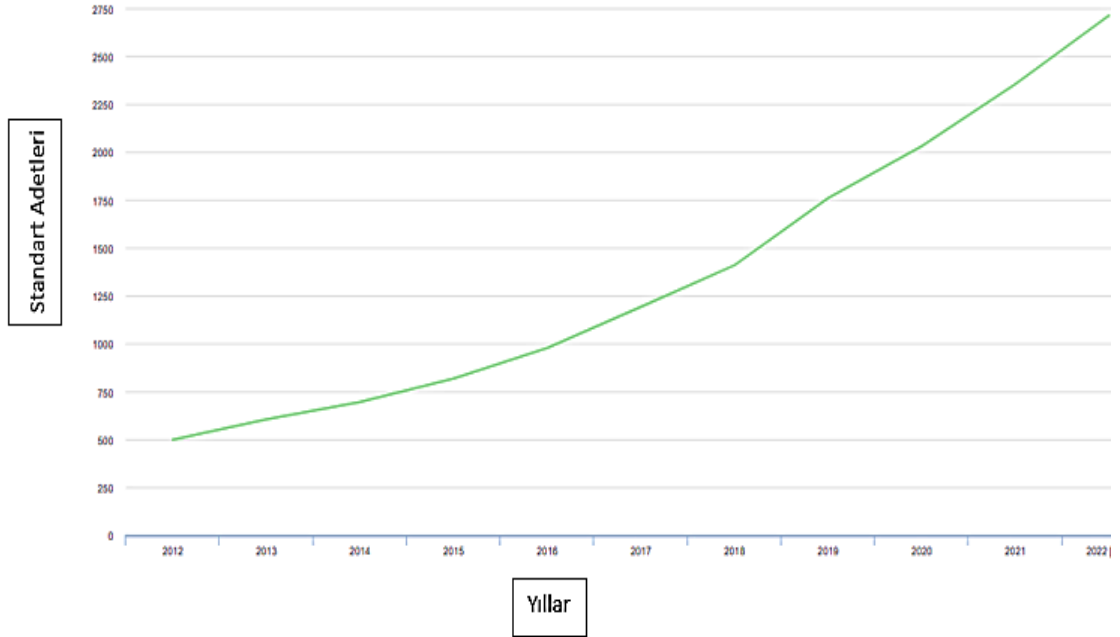
2.3. NANOTEKNOLOJİNİN DÜNYA'DAKİ MEVCUT DURUMU

Tüm dünyada hızla artan nanoteknoloji trendinin en önemli nedenlerinden biri özellikle sağlık, gıda, tarım ve savunma sanayiinde nanoteknoloji bazlı ürünlerin kullanılmaya başlanması ile gelecek yıllarda bu konunun devletler arası güç dengesini belirleyebileceği düşüncesidir. Bu sebeple nanoteknoloji AR-GE çalışmalarına tüm dünyada ciddi yatırımlar yapılmaya başlanmıştır (Anonim, 2017).

Tablo 1'de belirtilen Statnano'dan elde edilen bilgiye göre 2012-2022 yılları arasında bölge ve ülke bazlı ulusal nanoteknoloji standartlarının sayısı Tablo 1, 2 ve 3'te gösterilmektedir. Standart, belirli bir bağlamda optimum düzeyde düzen elde etmeyi amaçlayan, ortak ve tekrarlanan kullanım için faaliyetlere veya bunların sonuçlarına ilişkin kurallar, kılavuzlar veya özellikler sağlayan, fikir birliği ile oluşturulan ve tanınmış bir kuruluş tarafından onaylanan bir belgedir. Ulusal nanoteknoloji standardı, ulusal standartlar kurumu tarafından benimsenen ve kamuoyunun kullanımına sunulan, nanoteknolojiyle ilgili bir standarttır.

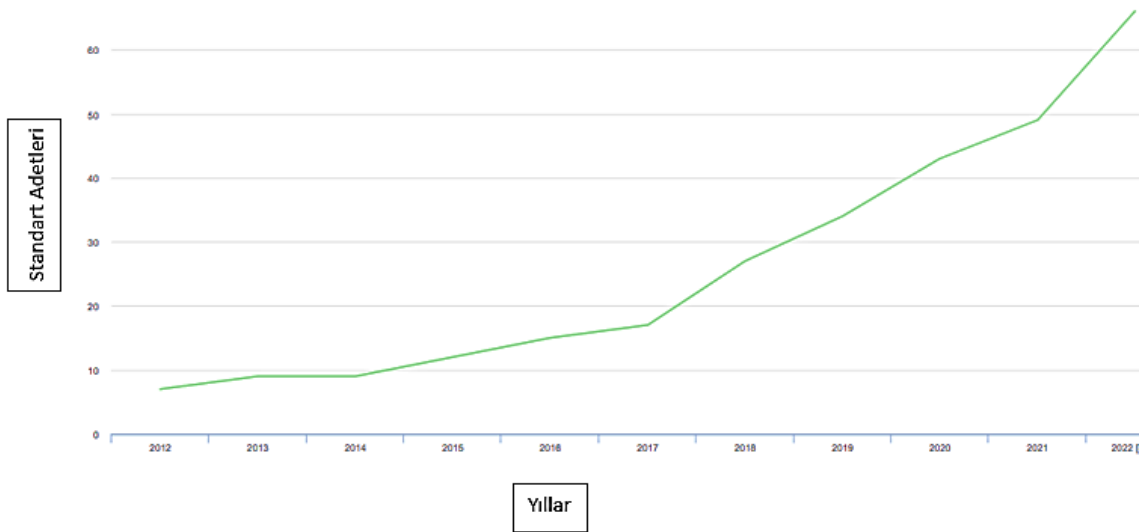
Tüm dünya geneli incelendiğinde, ülkelerin son 10 yıldaki nanoteknoloji standartlarındaki artış trendi Tablo 1' de verilmektedir. Tüm dünya genelinde bu artışın olması nanoteknoloji konusunun global bir konu olduğu ve birçok farklı ülkenin bu konuda çalışmalarının olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Dünya Genelinde Son 10 Yılda Nanoteknoloji Standartlarındaki Artış (Statnano, 2022)



Avrupa Birliği ülkelerine göre incelendiğinde ise son 10 yıldaki standartların artış trendi Tablo 2’de verilmektedir. Bu artış trendine göre, Avrupa ülkelerinin nanoteknoloji ile ilgili çalışmalara önem verdiği ve bu çalışmalarını standardize etmeyi hedeflediği yorumu yapılabilmektedir.

Tablo 2. Avrupa Ülkelerinde Son 10 Yılda Nanoteknoloji Standartlarındaki Artış (Statnano, 2022)



Tablo 3. Ülkelerin 2012-2022 Yılları Arasında Yayınlanan Standart Sayısı (Statnano 2022)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022(Eylül)
ABD	3	3	3	3	3	6	6	7	5	6	6
İngiltere	5	6	5	4	4	4	3	2	2	2	2
Türkiye	22	23	25	19	23	19	18	17	17	16	17
İsviçre	16	19	19	25	26	28	33	27	31	30	30
Hollanda	4	4	4	5	5	5	4	3	4	4	5
Japonya	7	5	6	8	11	11	12	16	19	21	28
Almanya	22	23	19	19	23	25	26	27	24	29	30
Çin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kanada	38	39	40	40	41	41	43	43	43	43	43

Türkiye'nin de içinde bulunduğu Tablo 3'de genel olarak ülkelerin yayınlanan standart trendinde artış olduğu gözlemlenmektedir. Özellikle nanoteknolojinin en çok araştırıldığı ABD, İngiltere ve Çin gibi ülkelerin yanında Türkiye'nin yayınlanan standart adetleri incelendiğinde ciddi bir fark gözlemlenmiştir. Bu durum da Türkiye'de nanoteknoloji çalışmalarının 10 yıllık periyotta arttığı ve standartlarına önem verildiği görülmektedir.

2.3.1. Amerika Birleşik Devletleri

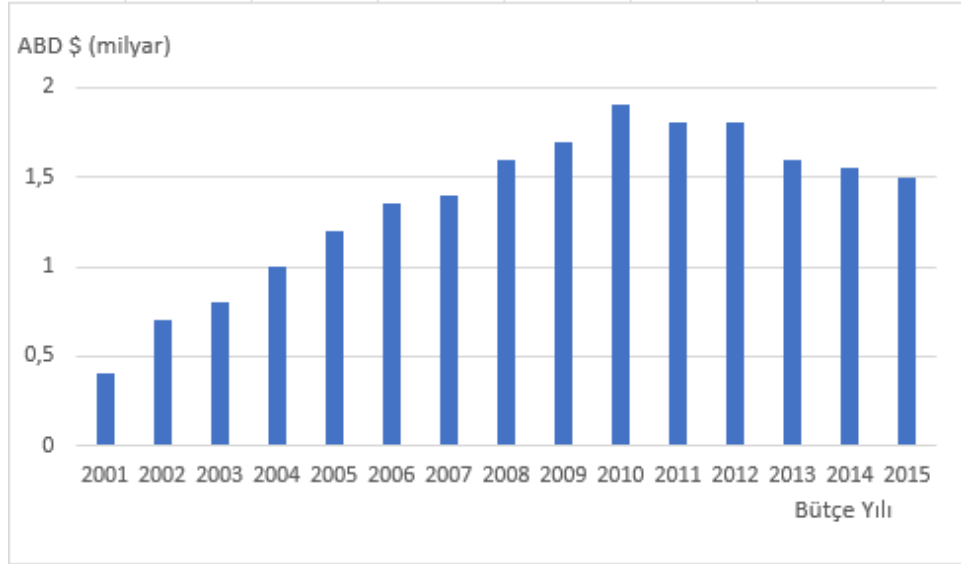
Nanoteknoloji kavramının ortaya çıktığı ve en çok yatırımın yapıldığı ülke olan Amerika Birleşik Devletleri'ndeki mevcut duruma göre 2004 ve 2011 yıllarında iki adet stratejik plan yayınlanmıştır. Yukarıdaki bölümde de bahsedildiği üzere AR-GE çalışmaları yapan ve diğer kurum ve kuruluşları da destekleyen NNI kurumu 2014 yılında stratejik planı yenileyerek, vizyonunu sürdürülebilir ekonomik fayda sağlayarak hayatı kolaylaştırmak, hayat kalitesini arttırmak, nanoteknolojinin gelişimini hızlandırabilmek amacıyla değiştirmiştir.

NNI vizyonu 2014 yılında "teknoloji ve sanayide devrim yapılacak şekilde maddeyi nano ölçekte anlama ve kontrol edebilme kabiliyeti olan bir gelecek" şeklinde güncellenmiştir (NNI Stratejik Plan, 2014).

Nanoteknoloji araştırmalarına yoğun bir maliyet, kaynak ve iş gücü ayıran Amerika Birleşik Devletleri 2001 ve 2015 yılları arasında NNI çalışmalarına ciddi miktarda bir

ödenek ayırmıştır. Tablo 4'te ABD genelinde 2001 ve 2015 yılları arasındaki NNI bütçe dağılımı gösterilmektedir.

Tablo 4. ABD NNI 2001-2015 Yılları Arası Bütçe Dağılımı (NNI Bütçe Takviyeleri 2001-2014)



Son yıllarda ve NNI 2024 Bütçesi hedefine göre, yeni keşifleri teşvik edecek temel araştırmalara sürekli yatırım ve geleceğin teknolojilerini ilerletmek için uygulama odaklı Ar-Ge yatırımlarını artırmak hedefi ile NNI tüm zamanların rekoru olan 2,16 milyar dolarlık bir talepte bulunmaktadır (NNI Bütçe Takviyeleri 2024)

2.3.2. Avrupa Birliği ve Asya Ülkeleri

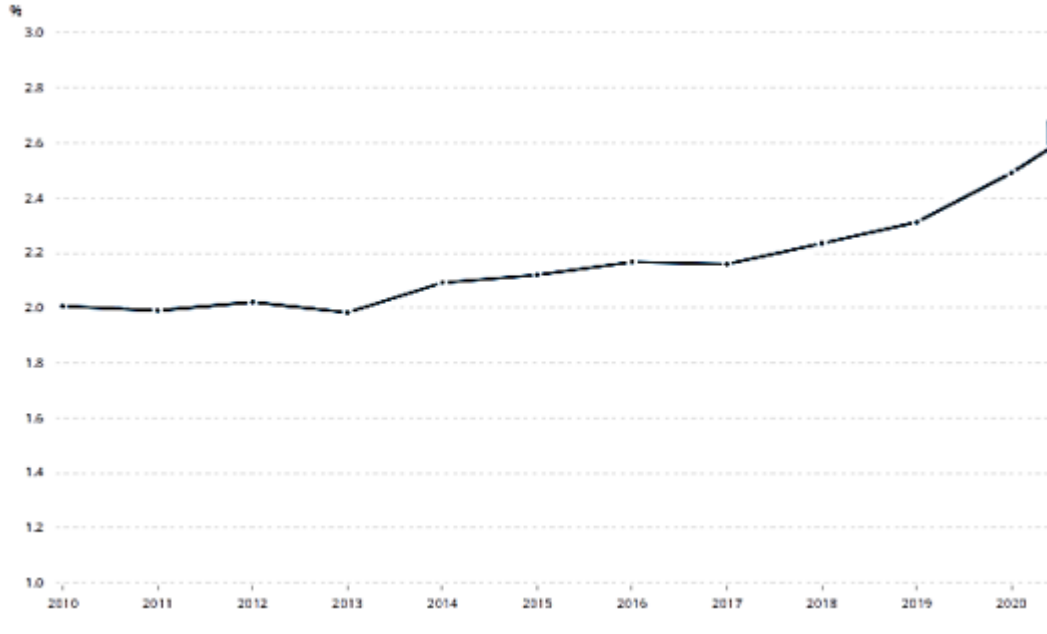
Avrupa Birliği Çerçeve Programları kapsamında, Avrupa Birliğinde Horizon 2020 programıyla nanoteknoloji stratejisi hazırlanması için platformlar oluşturulmuştur. Bu platformlar, Avrupa Teknoloji Platformları olarak da geçmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinden Almanya, nanoteknoloji çalışmalarına en çok ağırlık veren ülkelerden biridir.

Aydoğdu (2018); Almanya'nın, özellikle 2000 yılından itibaren nanoteknoloji çalışmalarına ağırlık verdiğini belirtmiştir. Almanya Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı'nın da desteği ve teşviği ile Almanya'daki AR-GE alışmaları ve planlar koordine edilmektedir. 1998 yılından itibaren çalışmalar hız kazanmış ve Almanya genelinde Nanoteknoloji Yeterlilik Merkezleri kurulmaya başlanmıştır. Bu merkezlerin sayıları artırılarak ülke geneline yayılması hedeflenmiştir.

Asya lkelerinde, son yıllarda Güney Kore'de nanoteknoloji çalışmalarına yönelik bilişim, iletişim ve enerji sektörlerinde, Çin'de özellikle savunma sanayinde nanoteknoloji çalışmalarının artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Japonya'da ise nanoteknoloji ulusal strateji kapsamında desteklenmektedir (Calipinar ve Ulas, 2019).

Tablo 5'e göre son 2010-2020 yılları arasında tüm dünyada AR-GE çalışmalarına yapılan yatırımların GSYH yüzdesi verilmiştir. Tablodaki sürekli artış, tüm dünya genelinde AR-GE çalışmalarına ve teknolojiye yatırımın bir göstergesidir.

Tablo 5. 2011-2021 Dünya Geneli AR-GE alışmalarına Yapılan Yatırımlar (World Bank, 2024)



2.4. NANOTEKNOLOJİNİN TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT DURUMU

Türkiye'de 2003 yılında nanoteknoloji, üzerinde çalışılması gereken sekiz stratejik alandan biri olarak tanımlayarak bu konu ile ilgili çalışmalara başlanılmıştır (Darvish ve Tonta, 2016). Nanoteknoloji stratejileri ise Vizyon 2023 Projesi (Nanobilim 2004) kapsamında geliştirilmiştir. Türkiye'de o tarihten bu yana nanoteknoloji altyapısına ve eğitimine önemli yatırımlar yapılmış ve Ar-Ge çalışmaları için üniversitelerde çeşitli merkezler kurulmaya başlanmıştır.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ve Kalkınma Bakanlığı, nanoteknoloji projelerinin mali açıdan ana destekçileridir. Özellikle nanoteknolojinin ve nano üretim tekniklerinin tüm dünyada savunma sanayiindeki gelişimi, Türkiye Savunma Sanayi için de çalışmaların artmasını sağlamaktadır. Bunun sonucunda, Savunma Bakanlığı nanoteknoloji araştırma tesislerinin altyapısını kurmak ve geliştirmek için yatırım yapmaya başlamıştır ve yatırımlar günümüzde de devam etmektedir. Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nin (ODTÜ) Nanoteknoloji ve Biyoteknoloji Araştırma Merkezi ve Bilkent Üniversitesi'ndeki Ulusal Nanoteknoloji Merkezi yaklaşık 30 yıldır aktif olarak çalışmalarını sürdürmektedir. Türkiye'deki birçok üniversite 2006'dan bu yana multidisipliner nanoteknoloji lisans programları (yüksek lisans ve doktora) başlatmıştır. Halihazırda Türkiye'de nanoteknoloji ürünleri geliştiren ve pazarlayan 20'den fazla nanoteknoloji araştırma merkezi ve 100'ün üzerinde özel şirket bulunmaktadır (Denkbaş, 2015).

2.5. NANOTEKNOLOJİNİN SEKTÖREL KULLANIM ALANLARI

Günümüzde, önemi hızla artan nanoteknoloji sağlık alanından enerjiye, çevresel konulardan bilgi teknolojilerine ve ötesine kadar geniş bir yelpazede uygulamalara sahiptir ve artan bir trendde endüstriyel süreçlerde ve ticari ürünlerde aktif bir teknoloji olarak gelişimini devam ettirmektedir. Nanoteknolojinin sağladığı bu çığır açıcı yenilikler, malzeme biliminden elektroniklere, ilaç endüstrisinden tekstil ve otomotiv sektörlerine kadar birçok alanda kullanılarak, yeni üretim teknikleri ile verimliliği arttırmaktadır. Bu nedenle, nanoteknolojinin sektörel kullanımları, geleceğin teknolojik

ilerlemelerinin şekillendirilmesinde kritik bir role sahiptir. Bu bölümde nanoteknolojinin sektörel bazı bazı kullanım alanlarına değinilmiştir.

- **Bilgisayar ve Bilişim Sektörü**

Görmüş'e (2019) göre, bilgi ve iletişim teknolojilerinde nanoteknoloji ile sağlanan iyileşme, birbirine bağlı topluluklarda elde edilen gelişmeler, ekonomik rekabet gücü, demografik değişimler sırasında çevresel istikrar ve küresel kalkınma açısından önem taşımaktadır. Nano boyutlardaki üretimi mümkün kılan nanoteknoloji ile içeriği zengin ve daha hafif bilgisayarlar da üretilebilir (Ullah, 2012). Akıllı sensörler, bilişim teknolojileri, nano çipler, bellekler, laboratuvar teknolojileri bilişim sektöründe nanoteknolojinin kullanım alanlarına örnek olarak gösterilebilir.

- **Tarım**

Tarım uygulamalarını daha verimli hale getirebilmek ve sürdürülebilirliği sağlamak amacı ile bu alanda nano teknolojilerden faydalanılabilmektedir. Tarımsal sanayi ürünlerinin üretimi, işlenmesi, depolanması, paketlenmesi ve taşınması sırasında önemli rol oynar (Malik v.d., 2023). Tarımda toprak verimliliği ve bitkilerin beslenmesine yönelik gelişimlerde de nanoteknolojiden yararlanılmaktadır. Örneğin, nanopolimerik karışımlar kullanılarak oluşturulan modern akıllı tohumlar, bitkilerin hayatta kalabilmesi için uygun koşullar altında filizlenmelerini sağlamaktadır. Ek olarak sadece doğrudan tarım sektöründe değil, tarımla bağlantılı olan kümes hayvancılığı ve hayvancılığın gelişmesinde de özellikle dezenfeksiyon uygulamalarında nanoteknolojiye rastlanılmaktadır.

- **Gıda Endüstrisi**

Nanoteknoloji gıda sektöründe de oldukça aktif kullanılan bir teknolojidir. Özellikle gıda üretimi, paketlenme, güvenlik önlemleri, belirli bölgelere ilaç dağıtımını gibi konularda nanoteknolojiden yararlanılmaktadır. Gıda depolama ve depolama alanlarında tespit

süreçleri için çeşitli nano sensör ve nano-düzenleme işlemleri kullanılmaktadır (Biswas v.d., 2022). Gıdaların muhafazasında çürüme riskini ortadan kaldırmak ve ürünlerin daha uzun raf ömürlü olmasını sağlamak için de nanopartikül karışımlarından yararlanılmaktadır. Nano ambalajlama, daha düşük nem, oksijen geçişi ve optimum su buharı iletim oranları gibi avantajlar sağlar. Dolayısıyla uzun vadede nanoteknoloji kullanılarak bu tür ürünlerin raf ömrü istenilen düzeye çıkarılmaktadır (Malik v.d., 2023).

- **Tekstil Endüstrisi**

Dünya çapında hızla büyümeye devam eden tekstil endüstrisinde de nanoteknoloji gelişimini sürdürmektedir. Geleneksel yöntemlerle üretilen kumaşların kalitesi ve dayanıklılığı yetersizdi (Shah v.d., 2022). Bu yetersizlik sonucunda kumaş endüstrisinde daha dayanıklı ve kaliteli ürün üretilmesi amacı ile nanoteknoloji kullanılmaya başlanmıştır. Kumaşların özellikle dayanıklı olabilmemesinin kumaş yüzey hacimi ile doğru orantılı olması gerekir, nano malzemeler bu yüksek oranı sağlayabilir (Shah v.d., 2022).

- **Sağlık ve Tıp**

Nanoteknolojinin en çok kullanıldığı alanlardan biri sağlık endüstrisidir. Medikal nano jeneratörler, nano-robotik, medikal sensörler, gen terapisi, çip teknolojisi, onkoloji ve çeşitli hastalıkların tedavisi, diş, ilaç teslim sistemi gibi sağlık ve tıp sektörünün birçok alanında aktif olarak kullanılmaktadır. Örneğin tıp endüstrisinde kemik yenileme teknolojisi ile kasların yapılandırılması sağlanabilmektedir (Nikalje, 2015). Onkolojide ise nanoteknoloji hastalığı ya da kanser hücrelerini teşhis etmede ve iyileşmesine yardımcı olabilecek özellikte ilaçların geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Aslan v.d., 2013).

- **Savunma Sanayi ve Askeriye**

Nanoteknolojinin bir diğer sık kullanım alanı savunma sanayi ve askeriyedir. Askeri kullanıma yönelik hafif ve küçük boyutlu malzemelerin üretiminde nanoteknolojiden yararlanır (Singh ve Kaur, 2023). Kimyasal buhar birikimi sürecinden geçerek askerler

için suya ve kurşuna dayanıklı yeleklerin yapılması nanoteknolojinin savunma sanayiinde kullanımına örnek olarak gösterilebilir. Başka bir örnek ise uçan bir sinek kuşunu taklit eden robot olan nano casusun tanıtılmasıdır. Bu nano casus ile yeni nesil savaş uçakları nano boyutlu ve her yere gidebilen uçaklar olacaktır (Mohammed v.d., 2024)

2.6. NANO ÜRETİM KAVRAMI

Nanoteknolojinin uygulanmasının bir yolu da nano üretilimdir. Nano üretim, nano skala malzemelerin tasarımı, üretimi ve işlenmesi için kullanılan süreçlerin toplamını ifade eder. Nano üretim, belirli bir ürünü veya bileşeni oluşturmak için nanoteknolojik yöntemleri kullanır. Bu, özellikle mikroçipler, nano robotlar, nanotüpler gibi nano ölçekli yapıları üretmek için kullanılır. Nano üretim, nanometre ölçeğindeki malzemelerin ve yapıların hassas bir şekilde işlenmesini, özelleştirilmesini ve yeni özelliklerin eklenmesini mümkün kılan bir dizi teknik ve süreç içerir.

Nano üretim, nano ölçekteki bileşenleri bu ölçekteki özelliklerinden en uygun maliyetle yararlanarak tasarlama, üretme, değiştirme ve kontrol etme aşamalarını kapsar (Gibson v.d, 2021). Aynı zamanda da nanomalzemelerin seri üretimine de olanak sağlar. Nano üretimde, imalat sürecinde hassasiyet, çözünürlük, boyut, karmaşıklık, nanoyapının yoğunluğu, oluşum hızı ve katman kaydı gibi bazı ölçümlerin yapılması gerekir. Nano boyutlarda üretim sonucunda ürünün kalitesinin, performansının, işlevselliği ve dayanıklılığının, süreç güvenilirliği ve tekrarlanabilirliğinin, satın alınabilirliğinin, ölçeklenebilirliğinin elde edilmesi ve üretimin verimliliği hedeflenir (Singh v.d., 2022). Nano üretim, malzeme bilimi, kimya, fizik, mühendislik ve biyoloji gibi çok çeşitli disiplinler arasında bir köprü görevi görmektedir ve bu disiplinlerin bir araya gelmesiyle daha fazla inovasyon ve gelişme fırsatı yaratılmaktadır.

Nanoteknoloji ve nano üretim, birçok yenilikçi uygulamaya yol açmıştır, ancak aynı zamanda etik ve güvenlik endişelerini de beraberinde getirmiştir. Özellikle nano malzemelerin insan sağlığı ve çevresel etkilere olan potansiyel etkileri üzerinde araştırmalar yapılmıştır ve bu konular üzerinde sıkı bir denetim uygulanmaktadır. Nano üretim süreçlerinin güvenliği ve çevresel etkileri, araştırma ve uygulama süreçlerinde

önemli bir rol oynar. Nano malzemelerin üretiminde olumsuz çevresel ve güvenlik endişeleri sebebi ile araştırmalarda bilimsel toksidite üzerinde durulması tavsiye edilmektedir (Nel v.d., 2006).

Üretim sırasında meydana gelen en kolay fark edilebilir değişikliklerden biri boyut değişikliğidir, çoğu nano ürün biyolojik olarak aktif ajanlar gibi proteinler ve nükleik asitler içerir ve bu ürünler üretim sırasında özel dikkat gerektirir çünkü yüksek oranda bozulmaya duyarlıdırlar. Endüstrilerde nano tabanlı ürünlerin üretiminin sadece çevre ve sağlıksal olarak değil, teknik zorlukları da bulunmaktadır. Kalite, biyoaktivite ve formülasyonların üretim sırasında bir partiden diğerine aktarılması ve bunun doğrulanması için testlerin gerekliliği de önemlidir (Shankar, 2022). Nanoteknoloji ve nano üretim, gelecekte birçok sektörde daha fazla kullanım bulma potansiyeline sahiptir ve sürekli olarak araştırma ve geliştirme ile ilerlemektedir.

2.7. NANO ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Nano üretim iki ana yöntemden oluşmaktadır. Bunlardan ilki, nanoyapıların atomlardan, moleküllerden ve moleküller üstü ölçeklerden oluşturulduğu aşağıdan yukarıya doğru birleştirme yaklaşımıdır. İkincisi ise yüksek çözünürlüklü bir teknik olan yukarıdan aşağıya yaklaşımıdır ve bu yaklaşım moleküler mühendislik sistemleri ve daha büyük ölçekli sistemlerin entegrasyonu kapsamaktadır (Singh v.d., 2022). Aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı üretim yaklaşımlarının ana hedefi enerji ve malzeme kullanımını azaltarak atıkların çevre üzerindeki etkisini de minimize etmektir. Ana yöntemlerin yaygınlaşması ve uygulanabilirliğinin artması ile ekonomik ve yüksek oranda üretim mümkün olacaktır. Özellikle seri üretime yönelik daha verimli ve uygun maliyetli nano üretim yöntemleri de geliştirilmelidir (Fang v.d., 2017).

Nano üretimde aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı tekniklerinin yanı sıra, nano ölçek konusu da önem taşımaktadır. Çünkü nano üretim çoğu yönüyle birden fazla aşamayı içerir ve bunun için Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer-Aided Design)- CAD ve Bilgisayar Destekli Üretim (Computer-Aided Manufacturing)- CAM gibi bilgisayar destekli tasarım ve üretim araçlarının kullanılması gerekir. Ölçeklenebilir nano üretim,

malzemelerin yanı sıra nano ölçekli yapılar da üreten, bunları parçalar ve alt sistemler halinde birleştiren ve daha üst düzey sistemler haline getiren bir seri üretim tekniğidir. Nano üretim, bilimsel ve teknik kısıtlamaları ortadan kaldırarak laboratuvarında üretilen nano ölçekli ürünler ile ticari amaçlı üretilen ürünler arasında köprü görevi görmekte ve büyük ölçekli üretimi desteklemektedir (Singh v.d., 2022). Nano ölçekli üretimle ilgili çalışmalar ve bu üretim yönteminin geliştirilmesi, nano üretim konusundaki gelişmelere ve yeniliklere ilham vermektedir (Yeatman v.d., 2017).

Nano üretimin henüz yeni bir yöntem olduğu ve birçok bileşene bağlı olduğu için zorlukları da vardır. Gelecekteki nanoteknoloji endüstrisini desteklemek için nano zorlukları ele almak gerekmektedir. Bahsedilen zorlukları karşılamak için ortak çabalar, standartların ve kalibrasyon yöntemlerinin, doğru tahmine dayalı modelleme araçlarının ve güvenilir, hızlı, çok işlevli, niceliksel tekniklerinin geliştirilmesine odaklanılmalıdır. Önemli bir yaklaşım, atılımlar gerçekleştirmek ve nanoteknolojinin başarılı bir şekilde ticarileştirilmesini sağlamak için en büyük potansiyele sahip metodolojileri geliştirmek olacaktır (Koumoulos v.d., 2018).

Nano üretim zorlukları 3 ana başlıkta toplanabilir (Singh v.d, 2022);

- Üç boyutlu sistemlerde montaj sürecinin kontrolü (kontrol zorluğu, birden fazla işlevselliğe sahip üç boyutun tamamının kaydedilmesini, hizalanmasını ve birbirine bağlanmasını içermektedir),
- Büyük ölçekli üretimlerde nano ölçekli yapıların işlenmesi ve taşınması ve
- Nano ölçekli bileşenlerin güvenilirliğinin uzun vadeli olarak test edilmesi, kusurların tespiti, giderilmesi veya önlenmesi.

Nano ölçekli seri üretim tekniğinin yanı sıra yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya üretim yaklaşımları da nano üretimde kullanılan temel yöntemlerdir (Arole ve Munde, 2014). Yukarıdan aşağıya yöntemi, büyük boyutlu malzemeyi nano ölçeğe kadar azaltmaktadır. Bu yöntem için daha yüksek malzeme miktarlarına ihtiyaç duyulmaktadır fakat bu üretim yaklaşımındaki risk malzeme israfı ihtimalidir. Birçok araştırmacı yukarıdan aşağı yöntemin mikro çipleri üretmenin tek yolu olduğunu savunmaktadır

(Imboden ve Bishop, 2014). Bunun aksine, aşağıdan yukarıya üretim yaklaşımında, ürünler atomik veya moleküler aşamadan itibaren katman katman oluşturularak üretilmektedir. Bu işlemin dezavantajı sürecin zaman alıcı olmasıdır fakat malzeme açısından bir israf riski bulunmamaktadır. Süreç yukarıdan aşağıya yaklaşımla karşılaştırıldığında pahalıdır.

2.7.1. Yukarıdan Aşağı Üretim Yaklaşımı

Nano üretim teknolojileri, malzemelerin moleküler veya atomik düzeyde hassas bir şekilde manipüle edilmesini sağlayarak, geleneksel üretim tekniklerinin ötesine geçen yeni özelliklere ve performans seviyelerine ulaşılmasını mümkün kılmaktadır. Bu teknolojiler arasında, "yukarıdan aşağı" (top-down) nano üretim yöntemi özellikle dikkat çekici niteliktedir. Bu yöntem, büyük ölçekli malzemeleri daha küçük nano yapılar haline getirmek için kullanılır. Makro düzeydeki malzemelerin atomik veya moleküler düzeyde ayrıştırılması ile nano boyutlara indirgenmesi prensibine dayanmaktadır.

Yukarıdan aşağı nano üretim tekniği, nano ölçekli malzemeler ve cihazlar üretmek için mevcut büyük ölçekli malzemeleri fiziksel veya kimyasal işlemlerle küçültme yaklaşımını kullanır. Bu yöntem, özellikle yarı iletken endüstrisinde mikro ve nano elektronik cihazların üretimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, fotolitografi ve elektron ışını litografisi gibi teknikler, entegre devrelerdeki transistörleri ve diğer mikroelektronik bileşenleri nano ölçekte hassas bir şekilde konumlandırmak için kullanılmaktadır. Örneğin, yüksek hassasiyeti yüksek verimlilikle birleştiren ve güç, çeviklik, çalışma hacmi gibi gereklilikleri sağlayabilen milimetre boyutundaki robotik pozisyonlama teknolojisinin geliştirilmesinde bu teknikten yararlanılmışlardır.

Bu tekniğin son yıllardaki gelişimi incelendiğinde, 2020 yılından sonra, yukarıdan aşağı nano üretim tekniklerinde kaydedilen ilerlemeler, özellikle malzeme biliminde, nano elektronik endüstrisinde ve nanobiyoteknolojide önemli yeniliklere yol açmıştır. Bu yöntem, nano yapıların yüzey özelliklerini ve işlevselliğini önemli ölçüde artırarak biyomedikal uygulamalar için uygun hale getirilmiştir. Örneğin, damgalama işlemi yolu

ile bu üretim tekniği kullanılarak kontrollü mikro yapılara şeffaf ve iletken filmlerin eklenmesi sağlanmıştır (Wang v.d., 2020).

Yukarıdan aşağı nano üretim yönteminin en büyük avantajlarından biri, üretim süreçlerinin ölçeklenebilirliği ve mevcut endüstriyel üretim altyapısı ile uyumluluğudur. Bu yöntem, özellikle yüksek hacimli üretim için uygundur ve nano ölçekli ürünlerin maliyetini düşürme potansiyeline sahiptir. Ancak, nano boyutlara indirgeme sürecinde malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelebilecek değişiklikler, teknolojik zorluklar oluşturabilir. Yukarıdan aşağıya yaklaşımlarda, atomik veya atom altı seviyeyi değiştirmeden, toplu malzemenin önemli yapıları ve orijinal özellikleriyle birlikte nano boyutlu veya nanomalzemelere bölünmesi sorunu ele alınır (More v.d., 2023).

2.7.2. Aşağıdan Yukarı Üretim Yaklaşımı

Aşağıdan yukarı üretim tekniği, moleküler öz-organizasyon ve kendiliğinden toplanma gibi süreçleri içerir. Bu yöntemler, özellikle nano ölçekte malzemelerin ve cihazların hassas bir şekilde kontrol edilerek üretilmesini sağlamak için kullanılır. Aşağıdan yukarı yöntemler, nano kristaller, nanotel ve nanotüpler gibi farklı nano yapıların üretiminde kullanılabilir. Aşağıdan yukarıya üretim yöntemi, nano ölçekli yapıları birleştirme veya kendi kendine birleştirme işlemleriyle oluşturmak için kimyasal veya fiziksel kuvvetleri içerir. Bununla birlikte, aşağıdan yukarıya yaklaşım ayrıca fiziksel, kimyasal ve biyolojik alt gruplara da sınıflandırılmaktadır (More v.d., 2023).

Aşağıdan yukarı nano üretim yöntemleri, son yıllarda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Bu ilerlemeler, nano ölçekli malzemelerin üretiminde yüksek düzeyde kontrol ve işlevsellik sağlamaktadır. Bu yöntemler, atomik ve moleküler düzeyde yüksek hassasiyetle malzeme üretimi sağlayarak, nano ölçekli cihaz ve malzemelerin özelliklerini özelleştirmeye olanak tanımaktadırlar. Ayrıca, bu yöntemler genellikle daha düşük sıcaklıkta çalışır ve çevresel olarak daha sürdürülebilirdir. Ancak, bu yöntemlerin kullanımı bazı zorlukları da beraberinde getirir. Özellikle, yüksek düzeyde kontrol gerektiren bu süreçlerin ölçeklendirilmesi ve endüstriyel üretim için uygun hale getirilmesi zor olabilmektedir.

Şekil 4'te iki ana nano üretim yöntemi ve içerikleri belirtilmiştir. Yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarı üretim yaklaşımları nano üretimi geleneksel üretimden ayıran yöntemlerdir. Şekil 4'te belirtilen yukarıdan aşağı üretim yaklaşımındaki mekanik aşındırma, elektro patlama, ısıl yöntem; aşağıdan yukarı üretim yaklaşımındaki kimyasal buhar yoğunlaştırma, asal gaz yoğunlaştırma ve lazer ablasyonu özellikle sıklıkla kullanılan yöntemlerdir.



Şekil 4. Nano Üretim Yöntemleri (Hakan ve Bahçeci, 2015)

Nanoteknolojide yaygın olarak kullanılan bazı nano üretim yöntemleri aşağıda sıralanmıştır;

- **Kimyasal Buhar Biriktirme (Chemical Vapor Deposition- CVD):** Kimyasal buhar biriktirme, gaz fazındaki reaktif kimyasalları yüzeyde biriktirme sürecini tanımlar. Bu yöntem, ince film kaplama ve nanomalzemelerin sentezi için yaygın olarak kullanılır (Young v.d., 2021).

- **Elektrospınleme:** Elektrospınleme, yüksek voltaj altında polimer çözeltisinin bir iğne ucu boyunca püskürtülmesiyle nanoyapılı elyafların üretildiği bir yöntemdir (Ren v.d., 2017).
- **Yukarıdan Aşağı ve Aşağıdan Yukarı Yaklaşımlar:** Nano üretim, genellikle iki temel yaklaşıma dayanır. "Top-down" yaklaşımı, büyük bir yapının küçük parçalara bölünerek nano boyutlarına ulaşmayı içerir. "Bottom-up" yaklaşımı ise moleküler düzeyde başlayarak malzemelerin inşa edilmesini içerir (Abid v.d., 2022).
- **Litografi:** Nano yapıların üretiminde kullanılan bir başka önemli yöntem litografidir. Elektron ışını litografisi (Electron Beam Lithography- EBL) ve farklı dalga boyutlarında ışınların kullanıldığı optik litografi bu kategoriye girer.
- **Moleküler Kendi Kendini Düzenleme:** Bu yöntem, moleküler seviyede kendiliğinden düzenleme yeteneğini kullanarak nano yapıların oluşturulmasını ifade eder.
- **Hidrotermal Sentez:** Hidrotermal sentez, yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında kimyasal reaksiyonların gerçekleştiği bir süreçtir. Bu yöntemle nanomalzemeler sentezlenebilir.

Bu nano üretim teknikleri ve nano destekli ürünler tarım, otomotiv, inşaat, kozmetik, baskı, petrol, çevre, tekstil, elektronik, spor, fitness, çevre, ev aletleri, yenilenebilir enerji, gıda, tıp ve diğer nano destekli ürünler gibi çeşitli alanlarda uygulanmaktadır (Rajput v.d., 2021). Statnano istatistiğine istinaden, nano destekli ürünlerin toplamda 9.245 üründe üretilmeye başlandığı, bu ürünlerin üretiminin 64 ülkede 2.658 şirket tarafından gerçekleştirildiği belirtilmiştir (Rajput v.d., 2021; Statnano 2021).

3. BÖLÜM: BİBLİYOMETRİK VE SİSTEMATİK ANALİZ

Bu bölümde, çalışmada kullanılan bibliyometrik ve sistematik analiz teknikleri ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir. Bibliyometrik analiz yapılırken, bir bibliyometrik analiz programı olan Vosviewer programından yararlanılmıştır ve Vosviewer hakkında detaylı bilgiler de verilmiştir. İlk olarak bibliyometri kavramı, bibliyometrik analiz ve türleri üzerine bilgiler verilmiştir. Bibliyometrik yasalara da değinilmiştir. Devamında, genel teknikler ve bu araştırmada kullanılan analiz tekniklerine değinilmiştir. Bölüm, sistematik analizin genel çerçevesi açıklanarak tamamlanmıştır.

3.1. BİBLİYOMETRİ VE BİBLİYOMETRİK ANALİZİN TEMEL ÇERÇEVESİ

Bibliyometri, ilk olarak 1969 yılında ortaya çıkmış bir kavramdır. Genel olarak, bibliyometri, akademik yayın ve çalışmalarını, kitapları ve makaleleri analiz etmek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. 1983 yılında ALA Kütüphane ve Bilgi Bilim Sözlüğü tarafından yapılan tanım şu şekildedir;

Bibliyometri; konu alanlarının tarihsel gelişimini ve yazarlık, yayınlanma ve yayınlanma kalıplarını ortaya çıkarmak için bir literatür bütünüün analizinde istatistiksel yöntemlerin kullanılmasıdır. Bibliyometrik metodolojinin açıklaması, bibliyometrik verilerin (yayın ve alıntı birimleri) üzerinde niceliksel tekniklerin (bibliyometrik analiz ve/veya alıntı analizi) kullanılması olarak da yapılabilir (Broadus, 1987). Bibliyometrik analiz, büyük miktardaki akademik verilere makroskobik bir genel bakış sağlamayı mümkün kılan bir tekniktir.

Yayın geçmişine ilişkin bilgilerin niceliklerine göre analiz yapılarak, belirli bir araştırma alanındaki bilimsel çıktının özellikleri ve gelişimi haritalandırılma yapılarak görsel olarak da açıklanabilir (Jia v.d., 2014; Li ve Hale, 2016). Bibliyometrik yöntemler yazarların, dergilerin, ülkelerin ve enstitülerin performanslarını, araştırma yöntemleri ve modellerini değerlendirerek aralarındaki iş birliği modellerini belirlemek ve ölçmek için kullanılabilir (Li ve Zhao, 2015). Bibliyometrik analiz, araştırmacıları mikro odaktan makro odağa

yönlendirerek, araştırma alanının daha geniş kapsamlı ve farklı bir perspektif ile incelenmesine olanak sağlar.

3.1.1. Bibliyometrik Yasalar

Bibliyometrik yasalar, iki farklı değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen istatistiksel ve matematiksel kurallardır. 1920 yılına kadar, analizlerde istatistiksel veya matematiksel yöntemler kullanılmamıştır. 1920 yılından sonra ise üç önemli bibliyometrik yasa ortaya çıkarak analizi daha matematiksel bir hale getirip somutlaştırmıştır. Bu durum bir bibliyometrik analizde bir dönüm noktası olarak tanımlanabilir. Bu üç yasa sırasıyla Lotka, Zipt ve Bradford tarafından aşağıdaki niteliklerde ortaya çıkmıştır.

- Lotka tarafından ortaya atılan yasa bir çalışma alanında bilimsel makale yazarları ve araştırmacıların arasındaki ilişki ve dağılımı inceleyerek araştırmanın verimliliğine odaklanır.
- Zipf tarafından ortaya atılan yasa ise çalışmalarda kullanılan kelimelerin dağılımını ve ilişkisini inceler.
- Bradford'un gerçekleştirdiği yasa ise çalışma alanında yapılan yayınların bilimsel dergilerdeki dağılımını inceler. Bu üç bibliyometrik yasa, günümüzdeki beş bibliyometrik yasanın temelini oluşturur (De Bellis, 2009).

Lotka Yasası: 1926 yılında Alfred Lotka tarafından yapılan “istatistiksel verimliliğin frekans dağılımı” çalışması üzerine ortaya atılmış bir yasadır. Bu yasanın literatürdeki bir diğer adı ise ters kare yasasıdır. Bu yasanın amacı belli bir konuda çalışma yapan yazarların literatüre katkıları ve dağılımlarını inceleyerek sürecin verimliliğini ölçmektir. Lotka, araştırmacı sayısı ve üretkenlikleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyan matematiksel bir yaklaşımda bulunmuştur. Bu yaklaşıma göre, belirli sayıda çalışma hazırlayan araştırmacı sayısının, yayımlanan çalışmaların karesi ile ters orantılı olduğunu belirtmiştir (Bailón-Moreno v.d., 2005).

Lotka yasasının matematiksel formüle edilişi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Lotka, 1926);

- İki çalışma hazırlayan yazarların sayısı, bir çalışma hazırlayan yazarların yaklaşık 1/4'ü
- Üç çalışma hazırlayan yazarların sayısı, bir çalışma hazırlayan yazarların yaklaşık 1/9'u
- n sayıda çalışma hazırlayan yazarların sayısı, bir çalışma hazırlayan yazarların yaklaşık $1/n^2$ -si kadardır.

Buna göre tüm çalışma hazırlayanların yalnızca tek bir çalışma hazırlayanlara oranı, yaklaşık olarak %60'tır.

Zipf Yasası: Zipf'in yaptığı araştırmalara göre, bir kelimenin uzunluğu ile o kelimenin kullanımını arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Yani, harf sayısı az olan kelimelerin daha sık kullanıldığını belirtmiştir: Bir kelimedede harf sayısı azaldıkça, kullanım sıklığı artar. Zipf yasası, $r \cdot f = C$ şeklinde ifade edilir ve matematiksel olarak $\log r + \log f = \log c$ şeklinde formüle edilebilir (Wyllys, 1981).

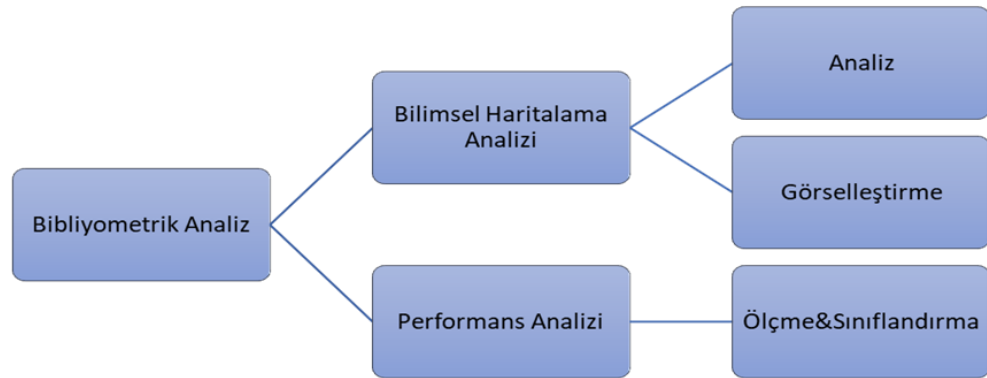
Bradford Yasası: Bradford Yasası veya Dağılım Yasası, Bradford'un jeofizik konularındaki makaleler üzerinde yaptığı araştırmalara dayanır. Bradford, bu araştırmanın sonucunda makaleleri üç bölümde sınıflandırmıştır. İlk bölüm, az sayıda derginin bulunduğu çekirdek dergi grubunu içerir. İkinci bölüm, birinci bölümden daha fazla derginin bulunduğu bir gruptur. Üçüncü bölümde ise dergilerin yığılma halinde bulunduğu bir grup yer alır. Her ne kadar bölümlerde makale sayısı artsa da her bölümdeki makale sayıları birbirine yakın değerler sunar. Dağılım ya da saçılım olarak da adlandırılan bu yasada Bradford, jeofizik alanında incelediği dergilerden yola çıkarak bir formül geliştirmiştir ve grup ilişkisini $1/n/n^2$ olarak formülüne etmiştir (Drott, 1981).

Price Yasası: Price Yasası, bilim dünyasındaki çalışanların karşılaştırılmasıyla yapılan çalışmalar sonucunda etkin bilim insanlarının sayılarını tahmin etmek amacıyla geliştirilmiştir. Karşılaştırmaların sonuçlarına dayanarak, Price, yasanın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Price Yasası'na göre, bilimsel araştırma yazılarının yarısı, toplam bilim insanlarının karekökü kadar olan sayı tarafından yazılmaktadır (Sengupta, 1992).

Pareto Yasası: Pareto Yasası veya 80/20 Kuralı olarak bilinen kavram, Vilfredo Pareto tarafından 1897 yılında ortaya çıkarılmıştır. Bu yasa, çeşitli alanlardaki parçaların yaklaşık olarak %80'inin, kaynakların %20'sinin katkısını gerçekleştirdiği düşüncesine dayanmaktadır. Diğer bir deyişle, belirli bir alandaki makalelerin %80'i, o alandaki önemli dergilerin %20'si tarafından yazılmakta; aynı alandaki literatürün %80'i ise çalışmalarını hazırlayan araştırmacıların %20'si tarafından oluşturulmaktadır (Ravichandra Rao ve Neelanghan, 1992).

3.1.2. Bibliyometrik Analiz Sınıflandırması

Bibliyometrik analiz türleri Performans Analizi ve Bilimsel Haritalama Analizi olarak iki başlıkta incelenebilir (Şekil 5). Bilimsel haritalama analizi sonucunda yazarlar, ülkeler, organizasyonlar ve çalışma temaları gibi alanlardaki ağ ilişkileri incelenerek güncel araştırmaların temelini belirlenmesi hedeflenmektedir. Bilimsel haritalama analizindeki ağ haritaları, bahsedilen alanlardaki görselliğe ulaşılmasını sağlamaktadır. Performans analizi sonucunda ise yazarların ve yılların dağılımlarına bakılarak güncel çalışmaların sınıflandırılması yapılmaktadır.



Şekil 5. Bibliyometrik Analiz Sınıflandırması

3.1.2.1. Performans Analizi

Performans Analizi tanımlayıcı bir analizdir. Farklı araştırma bileşenlerinin performansını incelemede kullanılır. Bu araştırma bileşenleri yazarlar, kurumlar, ülkeler olarak adlandırılabilir. Bileşenlerin performansını ölçmek ve karşılaştırmak, araştırmanın çeşitli yönlerini anlamak için kullanılabilir. Performans analizinde bir araştırmacının veya bir kurumun atıf endeksi, literatüre bilimsel katkısını gösterirken, yayın sayısı ise performansı açısından üretkenlik olarak değerlendirilebilir. Bu metrikler, araştırma alanlarının gelişimini izlemek, araştırma alanları arasında karşılaştırmalar yapmak ve bilimsel alanların büyüklüğünü ve çeşitliliğini değerlendirmek için kullanılır (Van Raan, 2005).

Tablo 6'da bibliyometrik araştırmalarda performans analizi prosedürü ve göstergeleri belirtilmiştir;

Tablo 6. Bibliyometrik Araştırmalarda Performans Analizi Prosedürü Göstergeleri ve İçeriği (Gutiérrez-Salcedo v.d., 2018)

Gösterge	İçeriği
Üretim ve Çıktı Görselleri	Toplam makale sayısı, yıllar itibariyle makale sayıları, en çok çalışması olan yazarlar-ülkeler-üniversiteler, en çok çalışmanın yayınlandığı dergiler
Atıf Analizi Göstergeleri	Çalışmaların (veya yazarların-dergilerin-ülkelerin-üniversitelerin) toplam atıf sayısı (kendi kendine yapılan atıflar dahil veya hariç), makale başına ortalama atıf sayısı, kendi kendine atıf oranı, en çok atıf yapılan (en etkili) çalışmalar ve yazarlar, yazarların h-endeksi
Dergilerin Göstergeleri	Etki faktörü, en çok atıf alan (en etkili) dergiler, dergilerin h-endeksi, SJR, normalleştirilmiş etki faktörü, göreceli atıf oranı

3.1.2.2. Bilimsel Haritalama Analizi

Bilimsel Haritalama Analizi ise bibliyometri kapsamında bilimsel yayınlar ve atıflar aracılığıyla verilerin yapılarını, ilişkilerini ve gelişmelerini görsel olarak analiz etmeye yarar. Bu analiz, bilimsel literatürün karmaşıklığını ve bazen de literatürdeki ilgili büyük veriyi anlamak için yapılmaktadır.

Bilimsel haritalama analizi, araştırma alanlarının ve konularının evrimini izlemek ve literatürdeki boşlukları belirlemek için kullanılır (Borner, 2010). Çalışmada, ağırlıklı olarak bilimsel haritalama analizi yapılarak üretim yönetiminde nano üretim kavramı araştırılarak literatürdeki boşluğun belirlenmesi hedeflenmiştir.

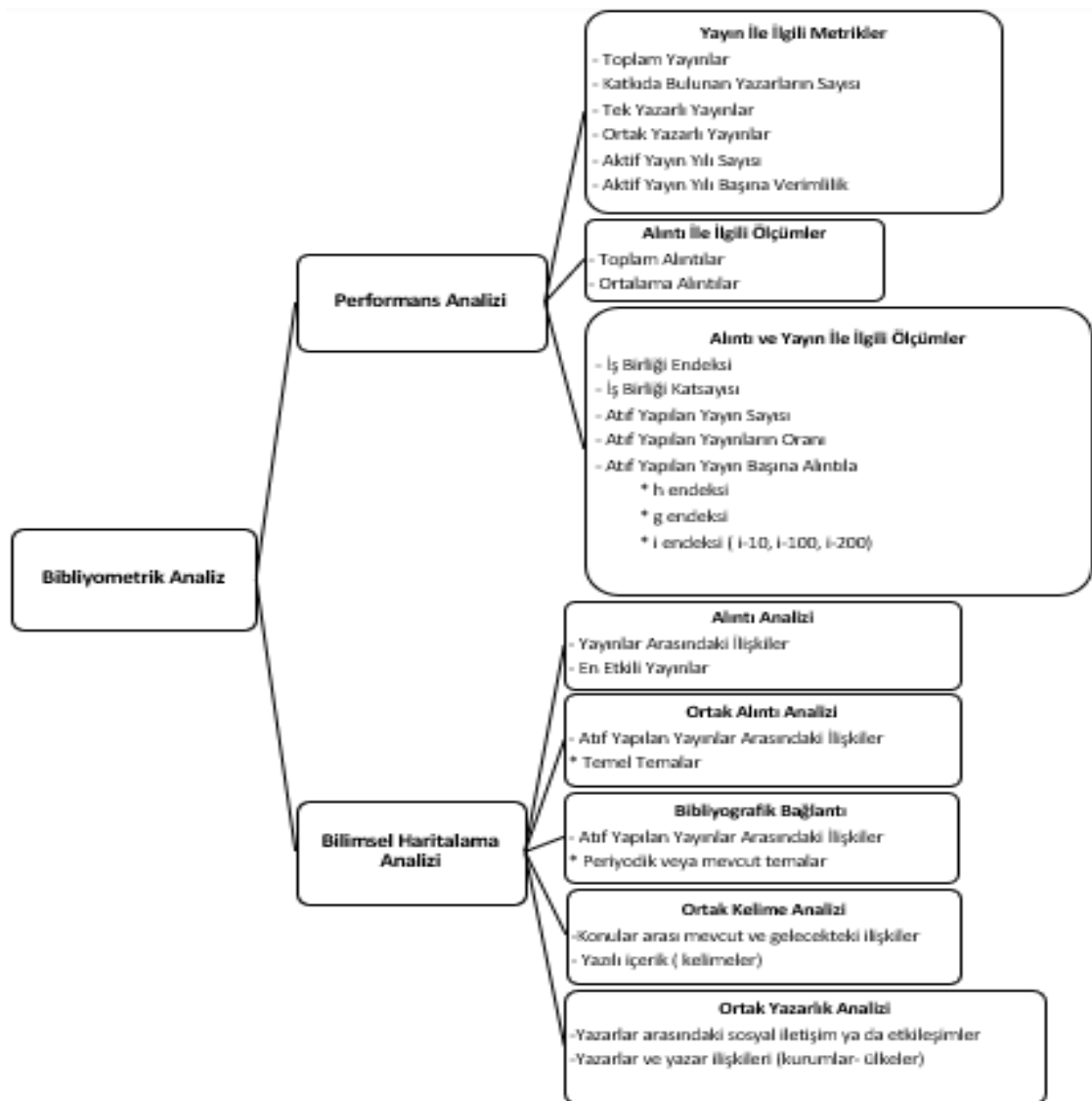
Bu analiz, bilimsel iletişim ve iş birliği ağlarını görselleştirme olanağı da sağlar. Örneğin, bir bilimsel harita, belirli bir konunun en etkili araştırmacılarını, yayınlarını ve bu konuyla ilgili en yoğun çalışma alanlarını tanımlayabilir. Bilimsel haritalama analizi, bilimsel alanların farklı alt disiplinlerini ve konularını anlamak ve bu alanların gelişimini takip etmek için de kullanılır (Klavans ve Boyack, 2017). Görselleştirilen anahtar kelimeler arası etkileşim, analize farklı ve daha derin bir bakış açısı sağlar.

Tablo 7’de bibliyometrik araştırmalarda bilimsel haritalama analizi prosedürü ile ilgili detaylı bilgi verilerek uygulanan analiz teknikleri belirtilmiştir;

Tablo 7. Bibliyometrik Araştırmalarda Bilimsel Haritalama Analizi Prosedürü (Öztürk ve Gürler, 2021)

Analizlerin Uygulanma Amacı	Ağ Bilgisi	Bibliyometrik Analiz Tekniği	Açıklama
Araştırma alanının sosyal yapısını ortaya çıkarmak	İş birliği Ağı	Ortak-Yazar Analizi	Bu analiz özellikle bir araştırma alanındaki yazarlar, üniversiteler/kurumlar veya ülkelerin ilişki ağını göstermek için kullanılır. Yazar grupları, yazar toplulukları, belirli bir araştırma alanındaki ilgili kurumlar ve onlar arasındaki iş birlikleri keşfedilebilir.
Araştırma alanının kavramsal yapısını ortaya çıkarmak	Kavramsal Ağ	Ortak Kelime Analizi	Bir araştırma alanındaki kavramlar, anahtar kelimeler veya konular arasındaki ilişkileri temsil eder. Bu analiz, bir araştırma alanındaki en önemli ve en yeni konuları ve bunlar arasındaki ilişkileri belirlemede kullanılabilir. Bir literatür için belirlenen makalelerde belli kelimelerin yoğun olarak (birlikte) kullanılması sonucunda ulaşılan ilişki ağları örnek verilebilir.
Araştırma alanının entelektüel yapısını ortaya çıkarmak	Atıf Ağı	Ortak Atıf ve Bibliyografik Eşleşme Analizi	Bu analizler ile bir araştırma alanındaki atıf ağlarına ulaşılır. Ortak-atıf analizi farklı çalışmalarda ortak olarak (birlikte) alıntılanan çalışmalar; bibliyografik eşleşme ise bir çalışmada birlikte atıf gösterilen çalışmalar arasındaki ilişki tespit edilmektedir.

Bibliyometrik analizde, performans ve bilimsel haritalama olmak üzere iki farklı analiz yapılmaktadır. Performans analizinde yayın ile ilgili metrikler, alıntı ile ilgili ölçümler ve alıntı ve yayın ile ilgili ölçümler incelenmektedir. Yayınlar tek yazarlı, ortak yazarlı, toplam yazarlar vb. gibi detaylı incelenirken aynı zamanda atıf yapılan yayın sayısı, atıf yapılan yayınların oranları gibi açılardan da ele alınmaktadır. Bilimsel haritalamada ise alıntı analizi, ortak alıntı analizi, bibliyografik bağlantı, ortak kelime analizi ve ortak yazarlık analizi olmak üzere 5 analiz yapılmaktadır. Şekil 6’da bibliyometrik analizde yapılan tüm değerlendirmeler verilmektedir



Şekil 6. Bibliyometrik Analiz ve Analiz Prosedürü

3.1.3. Bibliyometrik Analiz Teknikleri

Bibliyometrik analizde kullanılan bazı teknikler, bu analiz esnasında literatürdeki bağlantı ve benzerlikleri anlamak amacıyla kullanılmaktadır. Eş yazar, kelime, referans gibi bazı teknikler, literatürdeki çalışmalar ve araştırmalar arasındaki bağlantıların haritalama yöntemiyle görselleştirilmesi veya grafik haline getirilmesi ile anlamlanır. Görsellikle desteklenen analiz araştırmalar arası bağlantının daha güçlü ifade edilebilmesini sağlar.

Belirtilen tekniklerden başlıca olan 3 adedi açıklanmıştır ve tüm teknikler analiz kısmında daha detaylı açıklanacaktır;

- **Eş Referans Analizi:** Small'a göre eş referans analizi, bilimsel literatürde iki veya daha fazla makalenin aynı referansları sıkça içermesi durumunu inceleyerek bu makaleler arasındaki benzerlikleri ve ilişkileri belirlemeye çalışır. Böylelikle benzer konular ve referanslardaki alıntılanan çalışmalar arasındaki ilişkiler belirlenir. İlişkiler saptandığında ise anahtar konu ile ilgili en çok çalışılan alanlar ve önemli atıflar saptanabilir (Small, 1973).
- **Eş Yazar Analizi:** Eş yazar analizi ise, eş referans analizine benzer nitelikte, bir konu üzerinde, aynı makale ya da proje üzerinde birlikte çalışan yazarları inceleyip, bu yazarlar arasındaki iş birliği ve etkileşimi belirlemek için yapılır. Newman'a (2001) göre, yazarlar arasındaki iş birliği ağlarını ve ortak çalışmalarını kümelendirebilmek için kullanılan bir analiz türüdür. Eş yazar analizi, bir araştırma alanındaki yazarlar arası iş birliğini haritalama ile görselleştirerek araştırma kapsamı için detaylı bir veri seti oluşturulmasını sağlar.
- **Eş Kelime (Co-word) Analizi:** Eş kelime analizi, aynı makalelerde sıkça kullanılan kelimeleri inceleyerek bu kelimeler arasındaki ilişkileri belirleyen bir analizdir. Bu analiz, belirli bir konu veya disiplindeki anahtar terimleri ve bu terimler arasındaki ilişkileri anlamak için kullanılır (Callon v.d., 1983). Eş kelime

analizi, benzer konulardaki literatürü anlamak ve disiplinler arası trendleri takip etmek için etkilidir.

Bu teknikler, bibliyometrik analizde farklı boyutlarda bilgi sunma ve literatürdeki etkileşimleri anlama amacına hizmet eder. Analiz sayfalarında bu analizlerin detaylı açıklamaları yapılmıştır.

3.2. SİSTEMATİK ANALİZİN TEMEL ÇERÇEVESİ

Bibliyometrik ve performans analizleri nicel bir araştırma yöntemidir ve herhangi bir konuda hangi yazarlar çalışmış, hangi ülkelerde ve kurumlarda çalışmalar yapılmış, çalışmalar arasında bilimsel bir iletişimin varlığı konusunda bilgi vermektedir. Sistemik analiz ise “üretim yönetiminde nano üretim kavramı” ile ilgili çalışmaların ana odağının, ana konularının, yöntemlerinin belirlenmesini sağlar ve bunun sonucunda daha somut çıkarımlar ve öneriler yapılabilmesine yardımcı olur. Sistemik analizin temel amacı, belirli bir konuda gelecek araştırmacılar ve çalışmalar için nitel bir araştırma sunmaktır.

Sistemik inceleme, belirli bir araştırma sorusuna odaklanarak cevaplar sunan, detaylı ve tekrar edilebilir bir araştırma stratejisi kullanarak gerçekleştirilen hem yayımlanmış hem de yayımlanmamış tüm ilgili çalışmaları kapsayabilen, dahil edilme ve çıkarılma kriterlerine göre değerlendirilen ve araştırma sonuçlarının objektif ve dengeli bir özetini sağlayan kapsamlı bir literatür incelemesidir. Bu tür bir inceleme, genellikle karmaşık bir araştırma sorusunu ele almak üzere oluşturulan bir araştırma ekibi tarafından yürütülmektedir ve araştırmanın kapsamına göre tamamlanması uzun süreler alabilir. Sistemik bir inceleme, veri yorumlama ve sunumundaki hataları en aza indirmek amacıyla tutarlı bir araştırma toplama metodolojisine dayanır. Sistemik bir inceleme aynı zamanda mevcut kanıtlardaki boşlukları, eksiklikleri ve eğilimleri de belirleyebilir ve ilgili çalışma alanında gelecekteki araştırmaların desteklenmesine yardımcı olabilir (Munn v.d., 2018a). Genel olarak, Munn ve arkadaşları (2018b) başka bir çalışmada sistemik analizin aşağıda belirtilen konular için uygulanabilirliğini göstermiştir;

- ✓ Uluslararası kanıtları ortaya çıkarmak,
- ✓ Mevcut uygulamaları onaylayarak değişiklikleri ve yeni uygulamaları ele almak ve/veya her türlü değişikliği ele almak,
- ✓ Gelecekteki araştırmalar için alanları belirlemek,
- ✓ Çelişkili sonuçları tanımlamak,
- ✓ Karar vermeye rehberlik edecek açıklamalar üretmek.

Bu çalışmadaki sistematik analizde hedeflenen, nano üretimin üretim kavramları ile ilişkilendirilebilecek yayınlanan çalışmaların ele aldığı konuları detaylı olarak inceleyerek bir sonuca varmaktır. Çalışmanın sonuç ve değerlendirme bölümünde sistematik analiz bulguları sonucunda elde edilen yorumlar, kısıtlamalar ve öneriler verilmektedir.

4. BÖLÜM: ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Dördüncü bölümde, bibliyometrik analiz ve sistematik analiz yöntemi ile üretim yönetimi kapsamında nano üretim kavramı ile ilgili yapılmış çalışmalar ve yayınlanmış makaleler incelenmiştir. Bu süreçte, WoS ve Scopus veri tabanı taranarak, Vosviewer adı verilen bibliyometrik analiz programı kullanılmıştır. Görselliği arttırmak amacı ile de bazı şekiller için RStudio-Biblioshiny kullanılmıştır. WoS dünya çapında en geniş atıf veri kaynağı ve Scopus ise ikinci büyük alıntı veri tabanı olarak kabul edilir (Van Raan, 2014). Google Akademik her iki veri tabanından daha geniş bir araştırma yelpazesi sunuyor olsa da bibliyometrik analiz için gerekli veri kümesini tek bir dosya olarak sunamadığından bu analiz türü için çok uygun bir kaynak değildir (Öztürk ve Güler, 2021). Bu nedenle bu analizde WoS ve Scopus veri tabanlarından yararlanılmıştır. Bu analiz programı ile, incelenen makaleler haritalandırma yöntemi ile görselleştirilerek konular arası ağ iletişiminin kurulması hedeflenmiştir. Sistematik analiz kısmında ise belirli filtrelemelerle ulaşılan çalışmalar içerik yönünden incelenmiştir.

4.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Bu araştırmanın amacı nano üretim kavramı ile ilgili mevcut çalışmaları üretim yönetimi kavramları ile analiz ederek literatür taraması yapmak ve bu çalışmayı bibliyometrik analiz ve sistematik analiz yöntemleri ile desteklemektir. Nanoteknoloji ve nano kavramı 50’li yıllarda ortaya çıkmış bir kavram olarak literatürde çoğunlukla mühendislik ağırlıklı çalışmaların yer alması dolayısıyla, üretim ile ilgili kavramlar ile ilişkilendirilerek de bakılması hedeflenmiştir. Bu araştırma ile ilgili Ulusal Tez Merkezi’ndeki tezler de taranmıştır ve nano üretim kavramı ile ilgili başlık, özet, konu taraması yapıldığında Sosyal Bilimler ile ilişkili bir alanda yazılmış bir tez bulunmadığı saptanmıştır. Bu tezin amacı, nano üretim kavramını belirli anahtar ve yardımcı kelime öbekleri kullanılarak bibliyometrik analiz yöntemi ve sistematik analiz yöntemi ile inceleyerek güncel çalışma alanlarını belirlemektir.

Nano üretim kavramı çalışmalarını kümelere ayırıp gruplandırarak literatürdeki boşluklara ve ağırlıklı çalışma alanlarına genel bir bakış açısı sunmak hedeflenmiştir.

Nano üretim çalışmalarının mevcut durumu belirtilerek değerlendirilip, verilen çeşitli öneriler ile gelecek araştırmalara ve literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

4.2. ÇALIŞMANIN VERİ SETİ VE UYGULAMA YÖNTEMİ

Nano üretim konusu, bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak belirli üretim yönetimi ile ilişkili kelime öbekleri kullanılarak tümden gelim yöntemi ile incelenmiştir.

Bu doğrultuda, WoS ve Scopus veri tabanlarından elde edilen veri setleri, çeşitli bibliyometrik analiz teknikleri ile analiz edilmiş ve görsel ağ haritaları oluşturulmuştur. Ek olarak aşağıda belirtilen anahtar kelime grupları ile WoS veri tabanından elde edilen makalelerin sistematik analizi yapılmış, bulgular detaylı olarak açıklanmıştır.

- Nano üretim ve yönetim (nanomanufacturing and management)
- Nano üretim ve işlemler (nanomanufacturing and operations)
- Nano üretim ve işletme (nanomanufacturing and business)
- Nano üretim ve planlama (nanomanufacturing and planning)
- Nano üretim ve nano endüstri (nanomanufacturing and nanoindustry)
- Nano üretim ve tedarik zinciri (nanomanufacturing and supply chain)
- Nano üretim ve kalite yönetimi (nanomanufacturing and quality management)
- Nano üretim ve lojistik (nanomanufacturing and logistics)
- Nano üretim ve sürdürülebilirlik (nanomanufacturing and sustainability)
- Nano üretim ve maliyet yönetimi (nanomanufacturing and cost management)
- Nano üretim ve envanter yönetimi (nanomanufacturing and inventory management)
- Nano üretim ve yenilik (nanomanufacturing and innovation)
- Nano üretim ve endüstri devrimleri (nanomanufacturing and industry revolutions)
- Nano üretim ve endüstri 4.0 (nanomanufacturing and industry 4.0)

4.2.1. Bibliyometrik Analiz Araştırma Soruları

Bu araştırmalar sonucunda yapılan bibliyometrik analiz sonucunda ortaya çıkan grafiklere ve görsel ağlara aşağıdaki sorular sorularak bulgular değerlendirilmiştir.

1. Tüm anahtar kelimelerle yazılmış kaç makale var? (WoS ve Scopus)
2. Konuyla ilgili en çok hangi ağ ilişkileri bulunuyor?
3. Yıllara göre yayın sayısı nedir ve nasıl değişmektedir?
4. En çok yayın yapılan ülkeler nelerdir?
5. En çok yayın yapılan dergiler nelerdir?
6. Anahtar kelimelerin ilişkili olduğu temalar nedir?
7. Bibliyometrik analiz sonucu hangi yasa ile ilişkilendirilebilir?

4.2.2. Sistematik Analiz Araştırma Soruları

Nano üretimin üretim yönetimi kavramları ile ilişkili çalışmalarını daha detaylı inceleyebilmek adına 4.2 başlıkta belirtilen kelime grupları ile veri tabanlarında tarama yapılmıştır. Analizde aşağıdaki sorular sorulmuştur ve bulgular paylaşılmıştır;

- a. Çalışmalar hangi sektörler için yapılmıştır?
- b. En çok atıf yapılan yazarlar kimlerdir ve bu yazarların üzerinde durdukları konular nelerdir?
- c. Çalışmalarda ele alınan üretim problemleri nelerdir?
- d. Çalışmalarda önerilerin kapsamı nedir?
- e. Çalışmalar hangi yıllarda yapılmıştır? En çok hangi yılda çalışma yapılmıştır?
- f. Hangi kelime kombinasyonunda kaç adet çalışma yapılmıştır?
- g. Çalışmaların araştırma yöntemi nedir?

4.3. ARAŞTIRMA KAPSAMI

Analizde kullanılan veriler, “nano üretim” ana kavramı ile 4.2 bölümünde bahsedilen kelime kombinasyonlarının geçtiği makaleleri kapsamaktadır. Çalışmada yalnızca

ingilizce makaleler ve çalışmalardan yararlanılmıştır. WoS ve Scopus veri tabanlarındaki incelemeyi kolaylaştırmak ve toplamda 4.127 (2.577 adet WoS, 1.550 adet Scopus) makaleyi daha iyi analiz edebilmek için sadece ingilizce çalışmalar analize dahil edilmiştir. Analizde tündengelim yöntemi kullanılmıştır. Böylelikle nano üretim kavramı ile ilgili yazılmış tüm makaleleri tarayıp sonrasında üretim yönetimi kavramı ile ilişkili kelimeler ile tekrardan ana kavram aratılarak araştırma özelleştirilmiştir. Tarama sırasında herhangi bir yıl kısıtlaması yapılmamıştır. Bunlara ek olarak Ulusal Tez Merkezi'nden nano üretim ile ilgili kaç tez yazıldığına yönelik bir araştırma da yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda nano üretim ile ilgili yıl kısıtlaması yapılmaksızın sosyal bilimler alanında yayınlanan herhangi bir teze ulaşamamıştır. Sistematik analiz sonucunda Tablo 8'de belirtilen arama filtresi ve kelime kombinasyonları sonucunda 292 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmaların bir kısmına (özellikle Scopus üzerinden) erişim sağlanamamıştır ve çalışmaların bir kısmı ise üretim yönetimi kavramlarından uzak, teknik ve mühendislik çalışmaları olduğu saptanmış ve analize dahil edilmemiştir. Ek olarak çalışmaların bir kısmı her iki veri tabanında da bulunduğu için sadece birer adedi analize dahil edilmiştir. Konu filtrelemesi içerisinde başlık ve özet filtrelerinin de dahil olmasından dolayı burada da aynı olan makaleler analize dahil edilmemiştir. Gerekli eliminasyonlar yapıldığında sistematik analiz 147 adet çalışma üzerinden yapılmıştır.

Tablo 8. Sistematik Analiz Çalışma Sayısı ve Detayları (WOS ve Scopus, 2024)

	Arama Filtresi	Arama Kelime Kombinasyonu	İncelenen Çalışma Sayısı
1	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve yönetim	41
	Makale Başlığı	nano üretim ve yönetim	3
	Makale Özeti	nano üretim ve yönetim	22
2	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve işlemler	46
	Makale Başlığı	nano üretim ve işlemler	0
	Makale Özeti	nano üretim ve işlemler	32
3	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve işletme	12
	Makale Başlığı	nano üretim ve işletme	0
	Makale Özeti	nano üretim ve işletme	4

4	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve tedarik zinciri	2
	Makale Başlığı	nano üretim ve tedarik zinciri	0
	Makale Özeti	nano üretim ve tedarik zinciri	0
5	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve nano endüstri	0
	Makale Başlığı	nano üretim ve nano endüstri	0
	Makale Özeti	nano üretim ve nano endüstri	0
6	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve planlama	19
	Makale Başlığı	nano üretim ve planlama	0
	Makale Özeti	nano üretim ve planlama	13
7	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve kalite yönetimi	6
	Makale Başlığı	nano üretim ve kalite yönetimi	0
	Makale Özeti	nano üretim ve kalite yönetimi	4
8	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve lojistik	1
	Makale Başlığı	nano üretim ve lojistik	0
	Makale Özeti	nano üretim ve lojistik	0
9	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve sürdürülebilirlik	18
	Makale Başlığı	nano üretim ve sürdürülebilirlik	2
	Makale Özeti	nano üretim ve sürdürülebilirlik	11
10	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve maliyet yönetimi	8
	Makale Başlığı	nano üretim ve maliyet yönetimi	0
	Makale Özeti	nano üretim ve maliyet yönetimi	3
11	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve envanter yönetimi	2
	Makale Başlığı	nano üretim ve envanter yönetimi	0
	Makale Özeti	nano üretim ve envanter yönetimi	0
12	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve inovasyon	23
	Makale Başlığı	nano üretim ve inovasyon	0
	Makale Özeti	nano üretim ve inovasyon	13
13	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve endüstri devrimi	1
	Makale Başlığı	nano üretim ve endüstri devrimi	0
	Makale Özeti	nano üretim ve endüstri devrimi	0
14	Konu (başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri)	nano üretim ve endüstri 4.0	4
	Makale Başlığı	nano üretim ve endüstri 4.0	0
	Makale Özeti	nano üretim ve endüstri 4.0	2

4.3.1. Araştırma Yöntemi ve Örneklem

Bu tez, nano üretim konusu ile ilgili kapsamlı bir literatür taramasını ve bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak elde edilen kapsamlı bir analizdir. Bu tezde, konu ile ilgili verilerin alındığı WoS ve Scopus adı verilen veri tabanları kullanılmıştır. Bu iki veri tabanı da geniş uluslararası kaynaklara ulaşımı sağlar. Bu veri tabanları aynı zamanda da araştırma detaylarını, analizi ve analizi görselleştirmek için gerekli bilgilerin elde edilmesine de olanak sağlar.

Bu tezde de çalışıldığı üzere, etkili anahtar kelime/dizin terimleri kullanılarak elde edilen arama sonuçları yıllara göre grafikler, kaynak (dergi), yazar, kurum, ülke, belge türü şeklinde detaylı analiz edilebilir ve MS Excel'e ya da metin belgesi olarak dışarıya kolayca aktarılabilir. Böylelikle analiz programlarına bu verilerin aktarılma süreci daha kolay olacaktır. Elde edilen veriler VOSviewer adı verilen analiz programı ile görsel haritalama yöntemiyle haritalandırılmış ve konunun ağ ilişkileri gösterilmiştir.

4.3.2. VOSviewer Analiz Programı ile İlgili Genel Bilgiler

VOSviewer kelimesinin ingilizce açılımı "Visualization of Similarity" yani "Benzerliklerin Görselleştirilmesi"dir. Tanudjaja ve Kow'a (2017) göre bu program bibliyometrik analiz tekniklerini uygulamak ve bunların görsel haritalarını oluşturmak için tasarlanmıştır. Bu analiz programı bibliyometrik analiz yaptığı için bibliyografik verileri işleyebilmektedir. Bu nedenle bu tarz verileri sağlayabilen 2 adet literatür veri tabanı vardır. Bunlar, yukarıda belirtildiği üzere WoS ve Scopus veri tabanlarıdır.

Vosviewer programı, yukarıda bahsedilen veri tabanları üzerinden elde edilen veriler doğrultusunda kaynakça eşleşmesi, ortak atıf, atıf, ortak yazar, ortak kelime gibi analiz tekniklerini uygulayarak verileri özelleştirip detaylandırmayı sağlar (Gutiérrez -Salcedo vd., 2018).

4.4. SİSTEMATİK ANALİZ LİTERATÜR İNCELEMESİ

Sistemik analiz bulguları için Wos ve Scopus'tan elde edilen 147 adet çalışmanın özet tablosu Tablo 9'da verilmiştir. Tüm çalışmalar bu tablo şeklinde teze eklenecektir. İnceleme tablosu sekiz ana başlıktan oluşmaktadır. Ana başlıklar sırasıyla; Yazarlar, makale başlığı, çalışmanın amacı, literatüre katkısı, araştırma yöntemi, sektör, ele alınan üretim problemi, önerilerdir.

Tablo 9. Sistematik Analiz Literatür İncelemesi

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
1	Doumanidis (2002)	The nanomanufacturing programme at the national science foundation	Ulusal Bilim Vakfı'nın (NSF) Nano Üretim Programı'nı tanımlar ve nano üretim alanındaki araştırma faaliyetlerine genel bir bakış sunar.	Nano üretim alanında önemli araştırma konularını ve potansiyel problem alanlarını vurgulamaktadır.	Araştırma	Çeşitli sektörleri kapsar	Nano yapıların üretilebilirliğini, tahmin edilebilirliğini ve verimliliğini sağlama ihtiyacıdır.	Nano üretim araştırmalarının eğitim ve bilgi yayma ile açıkça bağlantılı olması ve teknik altyapının geliştirilmesi gerektiği belirtilir.
2	Komanduri v.d. (2002)	NSF-EC workshop on nanomanufacturing and processing: a summary report	Nano üretim ve işleme alanında araştırma ve eğitimde ilerleme sağlamak amacıyla Ulusal Bilim Vakfı (NSF) ve Avrupa Komisyonu (EC) arasındaki iş birliği çalışmasıdır.	Nano üretimin gelişimi için kritik araştırma kilometre taşlarını, altyapı desteğini, uluslararası iş birliklerini ve toplum genelinde farkındalık yaratma yöntemlerini tanımlayarak literatüre katkıda bulunmaktadır.	Rapor	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Nano yapıların yüksek boyutlu ölçeklere entegrasyonu	Nano üretim araştırma altyapısını güçlendirmek için coğrafi olarak dağıtılmış merkezler ağı oluşturulması, yeni deneysel ve analitik araçların geliştirilmesi vurgulanmaktadır.
3	Amatucci v.d. (2003)	An overview of nano-micro-meso scale manufacturing at the national institute of standards and technology (NIST)	Endüstriye nano ölçekli ayırık parça ürünlerin ölçümü, manipülasyonu ve üretimi için gereken ölçümleri ve standartları sağlamak amacıyla bir Nano-İmalat Stratejik Programı başlatmaktadır.	Nano, mikro ve orta ölçekli imalatta ölçüm, standartlar ve endüstriyel ihtiyaçlara yönelik çözümler sağlayarak, bu alanlardaki üretim teknolojileri ve yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik kapsamlı bir literatür katkısı sunmaktadır.	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Ölçüm, manipülasyon ve standartlar gibi kritik alanlarda endüstriyel ihtiyaçları karşılayacak ölçümler	Nano, mikro ve mezo ölçekli üretim teknolojilerinde ilerleme sağlamak için ölçüm ve kalibrasyon metodolojileri, mikro montaj ve paketlenme teknikleri ile malzeme ve süreç bilimine dayalı standartlar geliştirilmesi
4	Gupta ve Jayatissa (2003)	Recent advances in nanotechnology: Key issues & potential problem areas	Nanoteknoloji alanındaki güncel gelişmeleri, anahtar sorunları ve potansiyel zorluk alanlarını sunmaktadır.	Nanoteknoloji alanındaki güncel durumun, zorlukların ve gelecekteki fırsatların derinlemesine bir değerlendirmesini sağlamasıdır.	Literatür İncelemesi	Çeşitli sektörleri kapsar	Teknolojik ve ekonomik zorluklar	Yeni teknolojilerin, süreçlerin ve kaynakların potansiyel rollerinin analiz edilmesi gerekliliği
5	Chen v.d. (2004)	Automated nano-assembly of nanoscale structures	CAD modeline dayalı nano yapıların ve nanocihazların üretimini gerçekleştirmek üzere bir CAD rehberliğinde otomatik nano üretim sistemi geliştirmektedir.	Nano toparlar ve nano çubuklar gibi nano nesnelere otomatik olarak manipüle edebilen, nano yapılar ve nanocihazların montajını etkili ve uygulanabilir hale getiren bir CAD-rehberli otomatik nanomanüfaktür sistemini geliştirerek literatüre katkı sağlamaktadır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Nano nesnelerin karmaşık 2D (iki boyutlu) veya 3D (üç boyutlu) yapılar halinde konumlandırılması ve montajının zorlukları	Nano yapıların ve nanocihazların montajını daha etkin ve uygulanabilir hale getirecek şekilde, nanotüpler, nanotel ve DNA gibi diğer nano nesnelerin manipülasyonunu da kapsayacak şekilde sistemin genişletilebileceğidir.
6	Fung v.d. (2004)	Dielectrophoretic batch fabrication of bundled carbon nanotube thermal sensors	Dielektroforetik yöntem kullanılarak karbon nanotüp (CNT) termal sensörlerin toplu olarak montajı için uygulanabilir bir teknoloji sunmaktadır.	CNT cihazlarının paralel montaj sürecini araştırarak, ac elektrik alanı uygulandığında mikroelektrotlar dizisine başarılı bir şekilde CNT fonksiyonel cihazların toplu olarak üretilebileceğini göstermektedir.	Analiz ve Uygulama	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Üretimde ürünlerin yapışma riski	Bu teknolojinin CNT tabanlı cihazların tam otomatik montajını potansiyel olarak sağlayabilecek ve üretim maliyetlerini ve üretim zamanını önemli ölçüde azaltacak işlevsel CNT tabanlı termal sensörlerin uygulanabilirliği

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
7	Chen v.d. (2005)	Planning and control for automated nanorobotic assembly	Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) kullanılarak CAD modeline dayalı nano yapıların otomatik olarak üretimini sağlayan, rastgele sürüklenmeyi telafi eden yerel tarama metodunu geliştiren ve farklı nano nesnelere için manipülasyon yolları üreten CAD rehberliğindeki otomatik nanorobotic montaj sistemini sunmaktadır.	CAD modeline dayalı ve AFM kullanılarak nano nesnelere otomatik olarak montajını sağlayan, nanotel ve nanoparçacıklar için çarpışmasız yollar üreten ve rastgele sürüklenmeyi telafi eden yerel tarama yöntemi ile verimliliği ve doğruluğu artıran bir yöntem geliştirilmiştir.	Model Geliştirme	Elektronik Endüstrisi	Nano objelerin rastgele dağılımı ve termal genişleme veya büzülme kaynaklı sürüklenmesi	CAD rehberliğindeki otomatik nanorobotic montaj sistemini geliştirmek için termal genişleme ve rastgele sürüklenme gibi zorlukları ele almak için daha ileri araştırmalar yapılmasıdır.
8	Haskiya ve Jerrams (2005)	A model for a miniature piezoelectric motor (MPM)	Manyetik alanın tolere edilmediği uygulamalar ve nano boyutlara sahip cihazlar için uygun olan, düşük voltajla aktive edilebilen ve yüksek tork üretebilen, yeni bir minyatür piezoelektrik motor (MPM) modeli geliştirmektedir.	Nano ölçekli hassasiyet sağlayabilen ve manyetik alan gerektirmeyen ortamlarda kullanıma uygun, düşük enerji tüketimli ve yüksek tork üretebilen yeni bir minyatür piezoelektrik motor modeli sunarak mikro motor teknolojisinde önemli bir yenilik sağlamaktadır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Manyetik alanda istenmeyen durumlar	Nano-ölçekli hassasiyet gerektiren pozisyonlama uygulamaları ve sınırlı alanlarda kullanım için ideal olan, düşük voltajla yüksek tork sağlayabilen, manyetik alan gerektirmeyen yeni bir minyatür piezoelektrik motorun tasarımı ve uygulamaları önerilmektedir.
9	Ostrikov v.d. (2005)	Nanopowder management and plasma parameters in nanofabrication of low-dimensional quantum structures in reactive silane-based plasmas	Plazma destekli düşük boyutlu kuantum nano yapılarının üretimi sırasında kontrol parametrelerinin ve reaktör hacminin nasıl ayarlanabileceğini göstermektedir.	Nano boyutlarda büyüme sürecini etkin şekilde yönetmek için model kurulması	Model Geliştirme	Optik Endüstrisi	Düşük boyutlu kuantum nano yapıların üretiminde istenmeyen büyük nanopudraların varlığı	Plazma parametrelerini, tür bileşimini ve nanopudra büyüme ve şarj süreçlerini düşük basınçlı silan bazı deşarjlar için etkin bir şekilde yönetmektedir.
10	Shakir ve Kim (2005)	Nanoscale path planning and motion control	Mikrosterolitografi (μ STL), dip-kalem-nanolitografi (DPN) ve nanometre ölçekli yüzey olaylarının görüntülenmesi ve manipülasyonu gibi nano üretim uygulamalarında temel olan nanometre ölçekli yol planlama ve hareket kontrolüne odaklanmaktadır.	Nanometre ölçekli hareket kontrol hedeflerine ulaşmak için yol planlama zorluklarını ele alır	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Karmaşık yapıların üretim zorluğu	Konumlandırma gereksinimlerini karşılamak üzere kontrol tasarım metodolojilerini önerir.
11	Wang v.d. (2005)	Free-space nano-optical devices and integration: Design, fabrication, and manufacturing	Nanoyapı tabanlı optik cihazların ve entegre optik cihazların tasarımı, üretim ve imalatını açıklamaktadır.	Nanoteknoloji ilerlemeleri sayesinde yüksek hassasiyet, yüksek hacim ve düşük maliyetle optik nano yapıların üretilebilmesini sağlayan yeni bir nano mühendislik yaklaşımının verilmesidir.	Uygulama	Optik Endüstrisi	Optik üretimin nano boyutlara indirgenmesi üzerine entegrasyon ve verimlilik sorunu	Optik sistemlerin nano boyutlara indirilmesinde maliyetleri düşürmeye odaklanılmalı, ürünlerin ticarileştirilmesi için yüksek verimlilik sağlanmaktadır.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
12	Banerjee ve Kumar (2006)	Work in progress: Interuniversity research partnership in nanomanufacturing	Porto Riko Mayaguez Üniversitesi (UPRM) ile Güney Florida Üniversitesi (USF) arasında nanomalzemeler ve nanoteknoloji alanında bir araştırma ve eğitim iş birliği programının başlangıç aşamasını tanımlamaktır.	Porto Riko Mayaguez Üniversitesi ve Güney Florida Üniversitesi arasında başlatılan nanomalzemeler ve nanoteknoloji alanında bir araştırma ve eğitim iş birliği programının başlangıç aşamasını ve bu iş birliğinin bilimsel ve eğitimsel açıdan geniş etkilerini açıklamakta ve bu alandaki literatüre yeni bir katkı sunmaktadır.	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Bir üretime problemine değinilmemiştir.	Üniversiteler arasındaki nanomalzemeler ve nanoteknoloji alanındaki iş birliğinin üç yıllık bir zaman dilimindeki ilerlemesini değerlendirmek için bir zaman çizelgesi oluşturulması ve değerlendirme planı hazırlanması
13	Genaidy ve Karwowski (2006)	Nanotechnology and occupational and environmental health and safety: Education and research needs for an emerging interdisciplinary field of study	Nanoteknolojinin iş sağlığı ve güvenliği üzerindeki potansiyel etkilerine odaklanarak, bu alandaki eğitim ve araştırma ihtiyaçlarını tanımlamayı amaçlar.	Nanoteknoloji meslek ve çevre sağlığı ve güvenliğinin gelişen disiplinlerarası bir çalışma alanı olarak tanımlanması ve bu yeni alandaki eğitim ve araştırma çerçevesinin verilmesidir.	Araştırma	Çeşitli Sektörleri kapsar	Sağlık ve güvenlik	Meslek ve çevre hastalıklarının önlenmesi, erken tespiti ve tedavisi için nanoteknolojinin kullanımı üzerine fikir alışverişi ve araştırma gündemlerinin geliştirilmesini önerir
14	Handy v.d., (2006)	The introduction of environmental and industrial health and safety issues and emerging technologies in a beginning manufacturing processes course	Başlangıç düzeyindeki bir imalat süreçleri dersine çevresel ve endüstriyel sağlık ve güvenlik konuları ile yeni teknolojilerin dahil edilmesini ele alır.	Mühendislik teknolojisi profesyonellerinin, bu tür imalat ortamlarında çevresel ve mesleki düzenlemeler konusunda bilgi sahibi olmalarının, bilgi sahibi olmayanlara göre rekabet avantajı sağlayabileceğini vurgulamaktadır.	Tartışma	Çeşitli sektörleri kapsar	Çalışan sağlığı ve güvenliği	İmalat süreçleri derslerinin içeriğinin, çevresel, sağlık ve güvenlik konularını ve geleneksel olmayan imalat süreçlerini kapsayacak şekilde güncellenmesi gerektiğini belirtir. Ayrıca, temiz ve yeşil imalat kavramlarına odaklanan formalize edilmiş laboratuvar modüllerinin derslere dahil edilmesi gerekliliği vurgulanır.
15	Isaacs v.d. (2006)	Environmental assessment of SWNT production	Nanoteknoloji üretim süreçlerinin geliştirilmesi sırasında sürecin çevresel özelliklerinin değerlendirilmesidir. Bu değerlendirme, rekabetçi, güvenli ve çevreye duyarlı üretim teknolojilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.	Çalışma, tek duvarlı karbon nanotüplerin (SWNT'ler) üretimi için yaygın olarak kullanılan üç genel teknik olan ark ablayon, kimyasal buhar çöktürme (CVD) ve özel HiPco işlemlerinin çevresel karşılaştırmasını içermektedir.	Analiz	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Enerji kullanımı, atık gaz emisyonları	Çevresel etkileri azaltma ve endüstriyel sistemlerde uygun enerji yönetimine katkıda bulunacak her süreç detaylı incelenmelidir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
16	Shakir ve Kim (2006)	Nanoscale path planning and motion control with maglev positioners	Mikrosterolitografi (μ STL), DPN ve nanometre ölçekli yüzey olaylarının görüntülenmesi ve manipülasyonu gibi nano üretim uygulamalarında temel olan nanometre ölçekli yol planlama ve hareket kontrolünü, manyetik levitasyon (maglev) teknolojisi kullanarak gerçekleştirmektedir.	Nano üretim uygulamaları için maglev teknolojisi kullanılarak nanometre ölçekli yol planlama ve hareket kontrolü sağlamakta önemli bir adım atılmasını sağlamaktadır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Hassas konumlandırma ve yüksek verimlilik elde edilmesi zorluğu ve karmaşık yapılar	Maglev teknolojisi kullanılarak nanometre ölçekli yol planlama ve hareket kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması gerektiğidir.
17	Tolfree (2006)	Commercialising Nanotechnology concepts-products-markets	Uzman olmayan kişilere nanoteknolojinin mevcut konumu ve gelecekteki beklentilerine ilişkin gerçekçi ve geniş bir genel bakış sunmak; özellikle uygulamalara, yeni ürünlerin üretimine ve pazara çıkış yollarına vurgu yapmaktadır.	Üretim ile ilgili yeni uygulamaları tanıtmaya	Tartışma	Çeşitli Sektörleri kapsar	Çeşitli sağlık, çevre ve güvenlik sorunları	Gelecek beklentilere yönelik gerçekçi bakış açıları oluşturulmalıdır.
18	Wogerer v.d. (2006)	IPMMAN -: Improvement of Industrial Production integrating Macro-, Micro- and Nanotechnologies	IPMMAN (Endüstriyel Üretim Makro-, Mikro- ve Nanoteknolojileri Entegre Edilerek İyileştirilmesi) koordinasyon eylemi, mikro ve nanoteknolojilerin daha genel bir girişimle imalat sanayisinde büyük yenilikler sağlamayı hedeflemektedir.	Makro, mikro ve nano ölçekli üretim teknolojilerinin entegrasyonu ve bilgi parçalanmışlığının üstesinden gelinmesi konusunda önemli bir katkı sağlar.	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Teknolojinin verimsiz uyarlanması	Nano üretime ilişkin Avrupa Teknoloji Platformu'nun kurulması ve Stratejik Araştırma Gündemi'nin hazırlanmasını önermektedir.
19	Cavalcanti v.d. (2007)	Medical nanorobot architecture based on nanobioelectronics	Nanobiyoelektronik alanındaki önemli buluşlara ve patentlere dayalı olarak yenilikçi bir tıbbi nanorobot mimarisini tanımlamaktadır.	Hastalık teşhisi ve yaygın hasta izleme gibi nanorobotların sağlık sektöründe potansiyel uygulamaları üzerinde durulmaktadır.	Simülasyon	Tıp	Bir üretim problemine değinilmemiştir	Nanorobotlar için sistem entegrasyonu modellemesinin teorik ve pratik analizini de sunarak, nanoteknolojinin hızlı gelişimini destekleyen önemli bir yönü vurgulamaktadır .
20	Cheng v.d. (2007)	Validation of tio2 particle-size distribution measured by scanning mobility particle sizer	Nanomalzemelerin üretimi sırasında 50 nm'den küçük parçacıkların gerçek zamanlı karakterizasyonu için bir ihtiyaç belirleyerek, ticari bir parçacık ölçüm sisteminin çevrimiçi gerçek zamanlı karakterizasyon için kullanılabilirliğini değerlendirmektedir.	Ticari ölçüm sisteminin nano üretim için sürekli olarak kullanılabilir olacak olmasını sunmuştur.	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Kontrol eksikliği	Eğer ticari ölçüm sistemi sürekli bir şekilde kullanılacaksa, sistemin uzun vadeli işletim stabilitesini sağlamak ve maliyetleri düşürmek için sistem tasarlanması gerekmektedir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
21	Lyons (2007)	Integration, interoperability, and information management: What are the key issues for nanomanufacturing?	Nanometroloji ve nano üretim uygulamaları için bilgi teknolojileri üzerine odaklanarak, nano üretim süreçlerinin ve son ürünlerin etkin şekilde geliştirilmesinde kritik öneme sahip olan entegrasyon, uyumluluk ve bilgi yönetimi konularındaki araştırma konularını ele almaktadır.	Nano üretim ve nanometroloji alanlarında entegrasyon, uyumluluk ve bilgi yönetimi teknolojilerinin kritik önemini vurgulayarak, bu süreçlerin ve ürünlerin geliştirilmesinde bilgi teknolojilerinin merkezi rolünü belgeler.	Araştırma	Bilgi Yönetimi	Entegrasyon sırasında bilgi yönetimi konusunda karşılaşılan zorluklar	Nano üretim süreçlerinin ve ürünlerinin geliştirilmesinde, entegrasyon, uyumluluk ve bilgi yönetimi teknolojilerine odaklanarak, ölçüm ve üretim sistemlerinin etkin bir şekilde entegre edilmesini ve bilgi yönetiminin iyileştirilmesini önermektedir.
22	Maddux v.d. (2007)	Developing green nanotechnology: Challenges and opportunities through innovation	ONAMI (Oregon Nanobilim ve Mikroteknoloji Enstitüsü) ile olan ilişki ve yeni ortaya çıkan, doğası gereği daha güvenli nanomalzemeler geliştirmek için kritik önem taşıyan proaktif tasarım stratejilerinin özetlenmesi	Önemli araştırma enstitülerinin verilerini sunarak güvenli nanomalzeme üretimi için proaktif tasarım stratejisi sunmak	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Güvenli üretim	Nanomalzemelerin gelişimi için tasarımlar önerilmiştir.
23	Pandza ve Holt (2007)	Absorptive and transformative capacities in nanotechnology innovation systems	Nanoteknoloji inovasyon sistemlerindeki absorptif ve dönüştürücü kapasiteler ele alınmaktadır.	Farklı bağlamsal ve firmaya özgü faktörler ve bunların özümleyici ve/veya dönüştürücü ve bilgi akışları arasındaki ilişkiler üzerindeki etkileri incelenebilir.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Gelişen nanoteknoloji inovasyon sistemlerinde bilgi dağınıklığı, asimetrisi ve tartışmalı doğası gibi zorlukları	Bilgi özümleme ve dönüştürme modelleri önerilmiştir.
24	Postek ve Lyons (2007)	Instrumentation, metrology, and standards: Key elements for the future of nano manufacturing	Nano üretimin geleceği için kritik olan gelişmiş enstrümantasyon, metroloji ve standartların geliştirilmesine yönelik ihtiyaçları ele almak ve bu alanlardaki mevcut durumu ve gereksinimleri tartışmaktadır	Nano üretim alanında gerekli üretim enstrümantasyonu, metroloji ve standartların gelişimine dair kritik konuları ele alarak, nanoteknolojinin gelecekteki başarısı için temel oluşturan altyapı ve yöntemler üzerine önemli bir literatür katkısı sağlamaktadır	Sunum	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Cihazların entegrasyonu, birlikte çalışabilirliği, uygulanabilir bilgi yönetimi	Nano üretimin etkin bir şekilde geliştirilmesi için gerekli olan üretim enstrümantasyonu, metroloji ve standartlar gibi kritik unsurların geliştirilmesine ve bu araçların entegrasyonu, birbirleriyle uyumlu çalışabilirliği ve gerekli veri yönetiminin sağlanmasıdır.
25	Girshick (2008)	Aerosol processing for nanomanufacturing	Aerosol işleme teknolojilerinin nano üretim uygulamaları için geliştirilmesine odaklanır.	Nanopartikülleri yüzeylere püskürtme ve bireysel nanopartikülleri kimyasal olarak kaplama gibi iki önemli işleme teknolojisi sınıfı üzerine yoğunlaşarak, nanomalzemelerin üretiminde aerosol bazlı yöntemlere ilişkin teknolojilerin genel bir değerlendirmesini sunmasıdır.	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Nanomalzemelerin sentezinden sonra nasıl manipüle edileceğinin bilinmezliği	Nanopartikül sentezi, kaplama ve odaklama gibi birden fazla nanopartikül işleme adımının tek bir akışta gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
26	Chang v.d. (2008)	Synthesis and post-processing of nanomaterials using microreaction technology	Mikroreaksiyon teknolojisi kullanılarak nanomalzemelerin sentezi ve sonrasındaki işlemlerin geliştirilmesine odaklanır.	Nanomalzemelerin üretiminde mikroreaksiyon teknolojisinin avantajlarını sunmasıdır.	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Nanomalzemelerin sentezindeki zorlu ve pahalı yöntemler	Nanomalzemelerin sentezinde mikroreaksiyon teknolojisinin kullanılmasının, nanomanüfaktür süreçlerinde daha iyi süreç kontrolü sağlanmasına yardımcı olacaktır.
27	Jahn v.d. (2008)	Preparation of nanoparticles by continuous-flow microfluidics	Mikroakışkan sistemler kullanılarak sürekli akış modunda nano ve mikropartiküllerin üretilmesi için çeşitli yöntemleri incelemektedir.	Mikroakışkan yöntemlerle üretilen partikül formülasyonlarının çeşitliliğini ve bu yöntemlerin partikül üretimindeki potansiyel avantajlarını vurgulamaktadır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Hassas kontrol gerekliliği	Mikroakışkan teknolojilerinin partikül formülasyonlarındaki homojenliği ve partikül boyut kontrolünü iyileştirme potansiyelini önerir.
28	Lyons ve Postek (2008)	Metrology at the Nanoscale: What are the Grand Challenges?	Nnanometre ölçeğinin nanomalzemelerin ve ürünlerin üretim süreçlerinde entegre bir parça olduğunu ve gerekli alet, ölçüm ve standartların geliştirilmesinin bu alandaki laboratuvar araştırmalarını ve üretim organizasyonlarını desteklemesi gerektiğini belirtmektedir.	Nano üretim süreçlerinin ve ürünlerinin kalitesini artırma, üretim maliyetlerini ve pazara sunma süresini azaltma ve uluslararası pazarlarda rekabet edebilirliği artırma potansiyeline sahip yeni bilgi yönetimi mimarileri ve yerel üretim sistemlerinin işlevselliği ile ilgili ilerlemeleri destekler.	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Güvenilirlik ve sağlamlık	Nano üretimin tüm üretim sürecinde hızlı, doğru metroloji ve enstrümantasyonla desteklenmesi gerektiğini önermektedir
29	Mitrakos v.d. (2008)	Aerosol flow in a tube furnace reactor of gas-phase synthesised silver nanoparticles	Gaz fazında sentezlenmiş gümüş nanopartiküllerinin üretimi için kullanılan bir tüp fırın reaktörünün aerosol akışını detaylı bir şekilde modellemektir.	Gümüş nanopartiküllerinin gaz fazı sentezi için kullanılan tüp fırın reaktörlerinin tasarım ve işletimi konusunda detaylı bir modelleme sunmasıdır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Kontrol zorluğu	Daha karmaşık ve zaman alıcı CFD tabanlı modellerin kullanımının, gerekli olduğu durumlarda daha detaylı analizler sağlayabileceğini, ancak genel olarak basit modellemin etkili bir alternatif sunabileceğini vurgular
30	Naidu v.d. (2008)	A methodology for evaluation and selection of nanoparticle manufacturing processes based on sustainability metrics	Sürdürülebilirlik ölçütleri temelinde nanopartikül üretim süreçlerinin değerlendirilmesi ve seçimi için bir metodoloji geliştirmek	Nanopartikül üretim süreçlerinin sürdürülebilirlik açısından kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi için kapsamlı bir metrik seti ve çözümleme yöntemi sunması	Metodoloji Geliştirme	Malzeme Bilimi ve mühendisliği	İnsan sağlığı ve çevre üzerindeki etkisi	Ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği geliştirme
31	Postek v.d. (2008)	Cellulose Nanocrystals the Next Big Nano-thing?	Selüloz nanokristallerinin nano üretimi ile ilgili bazı enstrümantasyon, metroloji ve standart konuları tartışılmıştır.	Sürdürülebilir, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen lignoselülozik liflerin takviye fazı olarak kullanılması, hammadde kullanımı açısından olumlu çevresel faydalar sağlar.	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Üretimdeki temel süreçlerin nano üretimde mevcut olmaması	Temel üretim metrolojisi altyapısının geliştirilmesi gerekmektedir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
32	Şengül v.d. (2008)	Toward sustainable nanoproducts:: An overview of nanomanufacturing methods	Nanoteknolojinin sürdürülebilir gelişimini sağlamak için nano üretim süreçlerinin çevresel etkilerinin yaşam döngüsü düşüncesiyle analiz edilmesinin önemini vurgulamaktır.	Nano üretim tekniklerinin çevresel yüklerini detaylı bir şekilde inceleyerek, bu süreçlerin çevresel etkilerine dair kapsamlı bir bakış açısı sunmasıdır.	Literatür İncelemesi	Biyo Endüstrisi	Malzeme saflık gereksinimlerinin katı olması, kusurlara daha az tolerans gösterilmesi, düşük süreç verimliliği	Nano üretim süreçlerinin çevresel etkilerini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirilmesi ve sürdürülebilir üretim yöntemlerine geçiş yapılması vurgulanmaktadır.
33	Winterton v.d. (2008)	A novel continuous microfluidic reactor design for the controlled production of high-quality semiconductor nanocrystals	Yüksek kaliteli yarı iletken nanokristallerin kontrollü üretimi için yenilikçi bir mikroakışkan reaktör tasarımı sunmaktadır.	Nanokristal sentezi için mikroakışkan reaktörlerin geliştirilmesindeki sınırlamaları aşan yeni bir reaktör geometrisi ve konfigürasyon sunmasıdır	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Mikro akışkan sentezde gözlemlenen partikül boyut dağılımının genişlemesi gerekliliği	Yenilikçi bir mikroakışkan reaktör tasarımı geliştirilmesi
34	Barcikowski v.d. (2009)	Impact and structure of literature on nanoparticle generation by laser ablation in liquids	Sıvı içerisinde lazer ablasyonu yoluyla nanopartikül üretimi üzerine literatürün etkisi ve yapısını incelemektir.	Detaylı literatür incelemesi	Literatür İncelemesi	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Bir üretim problemine değinilmemiştir.	Lazer ablasyonu ile nanopartikül üretimi alanındaki araştırmaların genişlemesini ve bu yöntemin nanoteknolojinin çeşitli uygulama alanlarında nasıl potansiyel sunabileceğini vurgular.
35	Dahlben ve Isaacs (2009)	Environmental assessment of manufacturing with carbon nanotubes	CNT'ler kullanılarak yapılan nano üretim süreçlerinin çevresel özelliklerini değerlendirmektedir.	Nanoteknoloji ürünlerinin güvenli, ekonomik ve çevresel olarak sorumlu bir şekilde geliştirilmesine yardımcı olacak bilgiler sunmasıdır.	Araştırma	Çeşitli sektörleri kapsar	Çevresel risk ve enerji tüketimi	CNT ürünlerinin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi sırasında güvenli, ekonomik olarak rekabetçi ve çevresel olarak sorumlu yaklaşımların benimsenmesi gerektiğini vurgular.
36	Meyer, v.d. (2009)	An Examination of Existing Data for the Industrial Manufacture and Use of Nanocomponents and Their Role in the Life Cycle Impact of Nanoproducts	Nanokomponentlerin ve nano malzemelerin endüstriyel üretimi ve kullanımı için mevcut verileri incelemek ve bu ürünlerin yaşam döngüsü üzerindeki etkilerini belirlemektir.	Nano üretim alanındaki çevresel etkiler üzerine kapsamlı bir değerlendirme sunmasıdır.	Literatür İncelemesi	Çeşitli Sektörler	Nanokomponentlerin üretimi ve kullanımının çevresel ve insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileridir.	Nano üretimin yaşam döngüsü üzerindeki rolünü anlamak için enerji kullanımı, küresel ısınma potansiyeli, toksisite ve kaynak tüketimi gibi faktörleri içeren kapsamlı değerlendirmeler yapılmasıdır.
37	Pendleton v.d. (2009)	Controlled synthesis of titanium nanochains using a template	Titanyum nano zincirlerin şablon kullanılarak basit mekanik sürtünmeyle yapılmasının ilk örneğini sunar.	Titanyum nano zincirlerin şablonu kullanılarak basit mekanik sürtünmeyle yapılmasının ilk örneğini sunar.	Yöntem Geliştirme	Elektronik Endüstrisi	Titanium iyon partiküllerinin riski	Metalik nano zincirler elektronik ve optik cihazların yapımında potansiyel olarak uygulanabilir.
38	Orji v.d. (2009)	Measurement traceability and quality assurance in a nanomanufacturing environment	Bir levha üretim tesisinde gerçekleştirilen boyutsal ölçümlerin izlenebilirliğini izlemeye yönelik yöntemlerin geliştirilmesi	Referans ölçüm sistemi, ölçüm güvencesi ve metrolojik zaman çizelgeleri kavramlarının birleştirilmesi	Süreç Geliştirme	Elektronik Endüstrisi	Sistematik hata	Ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi izlenebilirliği arttıracaktır.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
39	Postek v.d. (2009)	Understanding Imaging and Metrology with the Helium Ion Microscope	Yeni mikroskop tekniğinin nanomateriyal karakterizasyonu için uygun bulunmasının gösterilmesi	Yeni bir metodoloji olarak bu mikroskop tekniğinin gösterilmesi	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Mevcut mikroskop teknolojisinin sınırları	Bu yeni tekniğin nanoteknoloji için avantajlı ve uyumlu olduğunu savunur.
40	Yuangyai ve Nembhard (2009)	Design of Experiments: A Key to Innovation in Nanotechnology	Nano ölçekte deneylerin istatistiksel tasarımı (DoE) ile ilişkileri verimli bir şekilde araştırmak ve daha iyi bir anlayış geliştirmek için kullanılabilecek bir tekniklerin geliştirilmesi	Deneylerin tasarımlarını geliştirerek katkı sağlamaktadır	Model Geliştirme	Çeşitli Sektörler	Süreç ve ürün çıktıları arasındaki karmaşık ilişki	DoE nanoteknoloji ve nano üretimin ilerlemesinde merkezi bir hale gelmektedir.
41	Abbas v.d. (2010)	Radiolabelling of tio2 nanoparticles for radiotracer studies	Nanopartiküllerin yapısında herhangi bir büyük yapısal değişiklik olmadan, su ortamında 48V radyoetiketlerin nanopartikül yapısı içinde stabil bir şekilde bağlandığını göstermeyi amaçlar	TiO2 nanopartiküllerinin biyolojik araştırmalar için radyoizleme amaçlı kullanımlarının detaylı bir şekilde incelenmesidir.	Metodoloji Geliştirme	Sağlık	Bir üretim problemine değinilmemiştir.	Nanopartiküllerin biyolojik sistemlerdeki davranışlarının daha iyi anlaşılması ve güvenli nanoteknoloji uygulamalarının geliştirilmesi için detaylı radyoizleme çalışmalarının yapılmasını içerir.
42	Celotta, (2010)	The NIST Center for Nanoscale Science and Technology: Supporting US Innovation in Nanotechnology	NIST Merkezi Ölçüm ve imalat yöntemleri ve teknolojisi üzerine araştırmalar yaparak nanoteknolojinin gelişimini destekler.	CNST'nin araştırma bilim insanları ve mühendisleri, işbirliği yoluyla kullanıma verilen yeni nesil nano ölçekli ölçüm aletlerini ve üretim yöntemlerini yaratıyor.	Araştırma	Çeşitli Sektörler	Bir üretim problemine değinilmemiştir.	Araştırma ve bilim insanlarının işbirliği ile yeni nesil nano ölçekli ölçüm aletlerini ve üretim yöntemlerini geliştirebilir
43	Islam ve Miyazaki (2010)	An empirical analysis of nanotechnology research domains	Nanoteknoloji araştırmalarının genel bir sınıflandırmasını sağlayarak ve teknoloji madenciliği yöntemini kullanarak araştırma alanları arasında yatay karşılaştırmalar sunarak, dünya çapında nanoteknoloji araştırma ve teknoloji geliştirilmenin artan hızını anlamak ve analiz etmektir.	Nanoteknoloji alanlarının detaylı bir sınıflandırmasını içermekte ve nanoteknoloji araştırmalarının bölgesel güçlü ve zayıf yönlerini belirleyerek, nanoteknoloji yönetimi literatürünü genişletmektedir.	Analiz	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Üretim problemi olarak değil, nanoteknoloji araştırmalarının zayıf yönlerine değinilmiştir.	Nanoteknoloji alanlarında araştırma ve teknoloji geliştirme faaliyetlerinin etkin yönetimi için, detaylı bir sınıflandırma ve yatay karşılaştırma yapılmasını ve böylece bölgesel güçlü ve zayıf yönlerin belirlenerek alanın daha iyi anlaşılmasını önermektedir.
44	Malshe v.d. (2010)	Tip-based nanomanufacturing by electrical, chemical, mechanical and thermal processes	Uç tabanlı nano üretim süreçlerini elektriksel, kimyasal, mekanik ve termal süreçler üzerinden kapsamlı bir şekilde sunmaktadır.	Nanoteknolojik ürünlerin daha karmaşık fonksiyonlara, malzeme ölçeklerine ve entegrasyonlarına olan artan ihtiyacı karşılamak için gelişmiş üretim araçlarının ihtiyacını vurgular.	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Yüksek karmaşıklıkta ve malzeme ölçeklerinin gerektirdiği gelişmiş üretim araçlarının eksikliği	Uç tabanlı nano üretim süreçlerinin geliştirilmesi, nanoteknolojik ürünlerin daha etkin bir şekilde üretilmesini ve ticarileştirilmesini sağlayabilir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
45	Murthy ve Popa (2010)	Millimeter-Scale Microrobots for Wafer-Level Factories	Mikro ve nano üretim süreçlerinde kullanılan mevcut yukarıdan aşağı sistemlerinin kısıtlamalarını aşmak için milimetre boyutunda robot pozisyonlama teknolojisinin üretimindeki son araştırma ilerlemelerini sunmaktır.	Yüksek hassasiyeti yüksek verimlilikle birleştiren ve diğer uygulama özel gereksinimleri (güç, çeviklik ve çalışma hacmi gibi) sağlayabilen milimetre boyutundaki robotik pozisyonlama teknolojisinin geliştirilmesiyle ilgili son araştırmaları içermesidir.	Literatür İncelemesi	Çeşitli Sektörler	Hassasiyet, verimlilik ve maliyetler	Verimlilik, maliyet, hassasiyet ve enerji tüketimi arasındaki dengelemeleri ele alan bir fabrika altyapısının kurulması
46	Şen v.d. (2010)	Applied Materials Uses Operations Research to Design Its Service and Parts Network	Kuzey Amerika'daki mevcut hizmet ve parça ağı üzerinde rasyonelleştirme ve değerlendirme yaparak, tedarik zinciri maliyetlerini azaltmak için üst yönetimine alternatif tasarımlar sunmaktır.	İlk kez, büyük ölçekli, çok katmanlı bir ağ tasarım modeli geliştirerek ve bu modelde güvenlik stok envanter maliyetlerini, teslimat süresi ve risk havuzlama etkilerini vurgulamıştır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Teslim süresi, risk havuzu, envanter maliyetleri	Depo lokasyonlarını konsolide ederek ve belirli müşteriler için bir aşamayı atlayarak dağıtım ağını basitleştirme ve bu sayede envanteri \$10 milyon azaltma potansiyeline sahip çeşitli iyileştirme önerileri sunmaktadır.
47	Adomaitis (2011)	A Ballistic Transport and Surface Reaction Model for Simulating Atomic Layer Deposition Processes in High-Aspect-Ratio Nanopores	Yüksek yön oranına sahip nanoporlar içinde atomik katman biriktirme (ALD) süreçlerini simüle etmek için kimyasal öncü türlerin balistik taşınımını açıklayan bir model geliştirmektedir.	ALD'nin yüksek yön oranı yapılarına uygun konformal birikim potansiyelinden yararlanarak nanoporöz malzemelerin gözenek geometrisi veya yüzey özelliklerinin ALD kullanılarak nasıl modifiye edilebileceğini açıklamasıdır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Üretimde ürünlerin dinamiklerinin karmaşıklığı	ALD tabanlı nano üretim operasyonları için optimal öncü maruziyet seviyelerinin belirlenmesinde fiziksel temelli modellerin kullanılmasını içerir
48	Brown, v.d. (2011)	Addressing uncertainty in the environmental analysis of nickel nanoparticle production	Nikel nanopartiküllerinin (NiNP) üretim yöntemlerini çevresel etkiler açısından karşılaştırmaktır.	Nano üretim süreçlerinin çevresel etkilerini değerlendirmede yaşam döngüsü değerlendirmesinin kullanılmasının zorluklarını ve bu alandaki veri belirsizlikleriyle başa çıkma yöntemlerini tartışır.	Analiz	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Çevresel etkiler ve yaşam döngüsü değerlendirmesinin zorlukları	Yeterli şeffaflığın sağlanması için politika değişikliği önerilir.
49	Fabricius (2011)	Standards for Nano-Enabled Applications of Electronics: Perspectives from IEC	Elektroteknik endüstrisinde nanoteknoloji standardizasyonu üzerine odaklanmaktadır ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) Teknik Komitesi 113 tarafından yürütülen çalışmaları ele almaktadır. Amacı elektroteknik ürün ve sistemlerde nanoteknolojinin kullanımı için gerekli standartları geliştirmek ve tanımlamaktır.	Nanoteknoloji kullanılarak geliştirilen elektroteknik ürünler için standartlaştırma çabalarını detaylandırarak, bu alandaki boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. nano özellikli elektroteknik ürünlerin geliştirilmesi ve kullanımı için bir çerçeve sunarak, gelecekteki standardizasyon faaliyetlerine yol göstermektedir.	Araştırma	Elektronik Endüstrisi	Karmaşık yapılarından dolayı nano malzemelerin ve proseslerin standardizasyonunun yapılmasının zor olması	Standartlaşma, sektörel işbirlikleri, çevre-sağlık-güvenlik gibi potansiyel riskler üzerinde durma

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
50	Grubb ve Bakshi (2011)	Life Cycle of Titanium Dioxide Nanoparticle Production: Impact of Emissions and Use of Resources	İlmenit hammaddesinden titanyum dioksit nanopartikülleri üretimi için yeni bir sürecin emisyonların etkilerini ve kaynak kullanımını değerlendirmektir.	Altairmano hidroklorik asit sürecinin analizini içermesi ve bu sürecin nanometre ölçekli parçacıkların üretimi için tasarlanmış olduğunun vurgulanmasıdır.	Analiz	Malzeme Bilimi ve mühendisliği	Yakıt ve doğal kaynak kullanımı	Nano üretim operasyonları için optimal seviyelerin belirlenmesinde fiziksel temelli modellerin kullanılmasını içerir.
51	Kumar v.d. (2011)	Integration of nanomanufacturing and research into curricular education and outreach	İçeriği canlandırmak ve öğrenmenin her düzeyinde aktif katılımı ve keşfetmeye dayalı öğrenmeyi teşvik etmek için kullanılan yenilikçi yaklaşımlar belirli örneklerle incelenmiştir.	Araştırma çalışmasının hem lisans hem de lisansüstü düzeyde müfredat eğitimine uygulanması için kullanılmasına olanak sağlamıştır.	Araştırma	Eğitim	Bir üretime problemlerine değinilmemiştir	Nano üretim ve nanoteknolojinin eğitimde keşfetmeye dayalı teşvikçi yaklaşımı önerilmektedir
52	Peters (2011)	Horizon 2020-The Future Framework Programme for Research and Innovation	Araştırma ve yeniliğin sürdürülebilir büyümeye ve iş olanaklarına maksimum katkıda bulunmasını, iklim değişikliği, enerji ve gıda güvenliği, sağlık ve yaşlanan nüfus gibi büyük zorlukların üstesinden gelmesini amaçlamaktadır.	Mikro ve nano üretim alanındaki geçmiş ve devam eden projelerden elde edilen deneyim ve sonuçlar, genel hedeflere önemli bir katkıının beklendiğini göstermektedir.	Araştırma	Endüstri Mühendisliği	Küreselleşme ve kaynak kıtlığı	Verimlilik ve esnekliği artırarak rekabet edilebilirliğe odaklanılması gerekmektedir.
53	Puttagounder v.d. (2011)	Sustainability in nanomanufacturing: status and vision for the future	Nanomalzemelerin ve nano üretim süreçlerinin sürdürülebilirliğine odaklanmak, üretim yöntemlerini iyileştirmek veya optimize etmek	Nanomalzemelerin ve nano üretim süreçlerinin hızla büyüyen ve ilgi çekici alanlarda önemli bir yere sahip olduğunu ve bu alanda sürdürülebilirlik, üretim yöntemlerinin iyileştirilmesi	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Malzeme ve enerji israfı	En az atık ve enerji için yaşam döngüsü analizi gerekliliği önerilmiştir.
54	Sahu v.d. (2011)	Design and fabrication of an automatic nanoscale tool-tip exchanger for scanning probe microscopy	Taramalı prob mikroskobu (SPM) uçlarının hasar veya aşınma nedeniyle sık sık manuel olarak değiştirilmesi gerekliliğini ortadan kaldırmak ve nanolitografi gibi nanometre ölçekli imalat işlemlerinde kullanımını daha verimli hale getirmek için, SPM uçlarını otomatik olarak yükleyip boşaltabilen yenilikçi bir nano araç uç değiştirici tasarlamak, analiz etmek ve üretmektir.	SPM tabanlı sistemler için tam otomatik talep üzerine araç ucu değişimi sağlayarak nanometre ölçekli imalat işlemlerini yüksek çözünürlük ve verimlilikle gerçekleştiren bir mikrogriper ile entegre edilmiş aktif SPM kantileverinin tasarımı, analizi ve üretimiyle nanomanüfaktür alanındaki mevcut teknolojik sınırlamaları aşma potansiyeline sahip yenilikçi bir çözüm sunar.	Analiz	Mekanik Mühendisliği	Kalite ve ölçeklenebilirlik	SPM tabanlı nanometre ölçekli imalat işlemlerinin verimliliğini ve ölçeklenebilirliğini artırmak için elektrotermal olarak hareket eden bir mikrogriper ile donatılmış aktif bir SPM kantileverini kullanarak araç uçlarını otomatik olarak yükleyip boşaltabilen yenilikçi bir nano araç uç değiştirici geliştirilmesi

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
55	Xi v.d. (2011)	Motion Controller for Atomic Force Microscopy Based Nanobiomanipulation	AFM tabanlı nanomanipülasyon sistemlerinin kontrolünde çeşitli faktörleri analiz etmek için, piezoelektrik aktüatörden doğru geri bildirim alınmasını ve kontrol sisteminin yüksek frekans tepkisini gerektiren nanomanipülasyon hareketini kontrol etmek üzere, donanım yapılandırmasında değişiklik yaparak yeni bir dinamik model ve bu modele dayalı bir hareket kontrol şeması tasarlayıp uygulamaktır.	Nanomanipülasyon sistemlerinin kontrolü için geliştirilen yeni dinamik model ve Linux gerçek zamanlı kontrolü ile entegre edilmiş gelişmiş bir kontrol şeması sunarak, AFM tabanlı nanobiomanipülasyon operasyonlarının, özellikle insan keratinositlerinin ara hücresel bağlarının kesilmesi gibi hassas görevlerde, etkin ve verimli bir şekilde kontrol edilmesine yönelik literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır.	Metodoloji Geliştirme	Biyo Endüstrisi	AFM tarama hareketi kontrol sistemlerinin rastgele hareket kontrolü için uygun olmaması	Nanomanipülasyon sistemlerinin kontrolü için, orijinal AFM kontrolörünü dış Linux gerçek zamanlı kontrolü ile entegre ederek yüksek frekans tepkisine sahip stabil bir sistem elde etmeyi ve insan keratinositlerinin ara hücresel bağlarının kesilmesi gibi nanobiomanipülasyon operasyonlarını etkin bir şekilde kontrol etmeyi önermektedir.
56	Bakshi ve Grubb (2012)	Implications of Thermodynamics for Sustainability	Sürdürülebilir sistemlerin analizi ve tasarımına yönelik bir araştırma kitabıdır	Biyoyakıtların ve nano üretimin yaşam döngüsüne dayanan vaka çalışmaları, termodinamiğin sürdürülebilirlik mühendisliğinde oynayabileceği önemli rolü göstermek için kullanılıyor.	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Sürdürülebilirlik	Termodinamik tüm sistemlerin davranışını yönetir; teknolojilerin temel fiziksel sınırlarının anlaşılmasında ve kaynakların katkısının ölçülmesinde önemli bir rol oynayabilir.
57	Avila-Robinson ve Miyazaki (2012)	Emerging Micro/Nanofabrication Technologies as Drivers of Nanotechnological Change: Paths of Knowledge Evolution and International Patterns of Specialization	Mikro/nanofabrikasyon teknolojileri alanını destekleyen bilgi yapısı zaman içinde nasıl gelişti? Mikro/nanofabrikasyon yelpazesinde ilgili ülke ve bölgeler için hangi uzmanlaşma kalıpları fark edilebilir? sorularına cevap aramaktadır.	Nano bazlı gelecek çalışmaların ve ürünlerin gelişmesindeki güncel çalışmaları incelemiş ve mikro nano fabrikasyonun şu anki konumunu sunmuştur.	Analiz	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Literatürdeki bu alandaki çalışmaların azlığı	Mikro nanofabrikasyonun nano bazlı ürünlerin gelişmesindeki öneminin vurgulanması
58	Mohan, v.d. (2012)	Integrating Legal Liabilities in Nanomanufacturing Risk Management	Nano üretim risk yönetimine hukuki sorumlulukları entegre etmektir.	Nanomateriyallerin yaşam döngüsü aşamaları boyunca tahmini hukuki sorumlulukları EHS(çevre-sağlık-güvenlik) riskleriyle entegre eden kavramsal bir çerçeveyin verilmesidir.	Literatür İncelemesi	Çeşitli Sektörler	Risk yönetimi zorluğu	Nano üretim firmalarının, belirsiz düzenleyici ve işletme ortamlarında düşük riskli ve yüksek ödüllü operasyonel stratejileri belirlemelerine yardımcı olacak, hukuki ve EHS risklerini tüm yaşam döngüsü aşamalarında entegre eden bir risk yönetim sistemini benimsemelerini içerir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
59	Korayem, v.d. (2013)	Precise manipulation of metallic nanoparticles: Multiscale analysis	Metalik nanoparçacıkların manipülasyonunu çok ölçekli bir analizle incelemektedir.	Katkısı, simülasyon zamanları ve uzunluk ölçeklerinin geliştirilmesi ve küçük ölçeklerde Süreklilik Mekaniği (MC) yaklaşımlarının geçersizlik sorununun çözümü	Analiz ve Uygulama	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Hassas üretim sırasında yüksek hata payı	Nano yapı üretim süreçlerinde nanometrik çözünürlüklere ulaşmak için kontrol edilebilir bir nanopozisyonlama kurulumu esastır.
60	Patel ve Jain (2013)	Thermal Modeling of Ultraviolet Nanoimprint Lithography	Nanoimprint litografi (NIL) işleminin doğruluğu ve işlem hızı üzerine çeşitli geometrik parametrelerin ve UV güç özelliklerinin etkisini incelemek için bir sayısal simülasyon modeli geliştirmek ve termal genişleme nedeniyle oluşabilecek hizalama sorunlarını azaltmak için çözümler önermektedir.	Nanoimprint litografi (NIL) sürecinin termal yönetimi üzerine kapsamlı bir sayısal simülasyon modeli geliştirerek, UV maruziyeti parametrelerinin termal genişleme kaynaklı hizalama hatalarını nasıl etkilediğini ve süreç doğruluğunu ve işlem hızını optimize etmek için kritik dengeyi belirleyerek literatüre katkı sağlar.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Isı yayılımı ve termal genişleme etkileri	Termal genişleme kaynaklı hizalama hatalarını azaltmak için daha düşük UV maruziyet gücünün daha uzun süre kullanılması gerektiğini ve nanoimprint litografi (NIL) sürecinde sıcaklık artışı en aza indirirken sistem düzeyinde işlem hızını maksimize etmek için die baskı sıralamasının etkisini dikkate almayı önermektedir.
61	Olceroglu, v.d. (2013)	Biotemplated superhydrophobic surfaces for enhanced dropwise condensation	Tobacco mozaik virüsü temelli biyo-nano-üretim tekniği kullanarak nano yapılandırılmış süper-hidrofofik yüzeyler üzerinde kararlı damlacıklı yoğunlaşma sağlamak ve böylece yüksek ısı akışlı sistemlerde ısı transferini artırmaktır.	Biyo-nano-üretim yöntemi kullanılarak elde edilen biotemplated nanostructured super-hydrophobic yüzeylerde istikrarlı damlacıklı yoğunlaşmanın karakterizasyonunu sağlayarak, yüksek ısı akışlı sistemler için yeni bir ısı transferi yöntemi sunmaktadır.	Model Geliştirme	Biyo Endüstrisi	Isı transferi ve yüksek ısı artışı	Biyo-nano-üretim yöntemleri kullanarak elde edilen nano yapılandırılmış süper-hidrofofik yüzeylerin, yüksek ısı akışlı sistemlerdeki ısı transferini artırmak için etkin bir şekilde kullanılması ve endüstriyel uygulamalarda geniş çapta benimsenmesidir.
62	Postek v.d. (2013)	Nanomanufacturing Concerns about Measurements made in the SEM II: Specimen Contamination	Taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak yapılan ölçümlerde karşılaşılan önemli bir sorun olan numune kontaminasyonunu ve bu kontaminasyonun giderilmesi ve önlenmesi üzerine yapılan araştırmaları incelemek ve tartışmaktadır.	SEM ile yapılan ölçümleri etkileyen numune kontaminasyonu sorununa yönelik, kaynaklarını, temizleme ve önleme yöntemlerini kapsamlı bir şekilde inceleyerek, bu alandaki bilgi birikimine önemli bir katkı sağlamaktadır.	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Sinyal üretimi, cihaz kalibrasyonu için fizik tabanlı modellemeye duyulan ihtiyaç	SEM ile yapılan ölçümlerin doğruluğunu artırmak için, numune ve SEM enstrümanı kaynaklı kontaminasyon sorunlarını ayırt etmeyi, bu kontaminasyonların kaynaklarını belirlemeyi önerir.
63	Qin v.d. (2013)	Large-scale process optimization for focused ion beam 3-D nanofabrication	Odaklanmış iyon ışını (FIB) kullanılarak üç boyutlu nano yapıların üretim süreçlerinin optimize edilmesidir.	Özellikle mikro/nano ölçekte özellik boyutunun araç/ışın boyutuna yaklaştığı işleme süreçleri için FIB gibi yüklü parçacık demetlerinin esnek araçlar olarak kullanımını teşvik eder.	Model Geliştirme	Biyomedikal Mühendisliği	FIB frezeleme sürecinin karmaşıklığı ve zorluğu	Çeşitli akım ayarları ve tarama aralıklarını kullanarak tek bir 3-D şeklin üretimi için birden fazla demet boyutunun kullanılması verimliliği artırarak maliyetleri düşürebilir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
64	Salamon (2013)	The Current World of Nanomaterial Characterization: Discussion of Analytical Instruments for Nanomaterial Characterization	Nanoteknoloji pazarının karmaşıklığını ve cihaz üreticilerinin karşılaştığı zorlukları tartışmaktadır.	En yaygın dokuz nanomalzeme özelliğini ve bu dokuz özelliği ölçmek için ticari olarak mevcut olan yaklaşık 35 farklı analitik tekniği ele alır.	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Basit nano karakterizasyon araçlarının teknolojinin gerisinde kalması	Cihaz üreticileri için, çevresel pazar segmentinin en fazla fırsatı sunduğu ve muhtemelen nanomateryal karakterizasyon yeniliklerinin çoğunun temelini oluşturacağı görülmektedir.
65	Schuster ve Lomello (2013)	From Safe Nanomanufacturing to Nanosafe-by-Design processes	Nanoparçacıkların farklı substratlar ve/veya nanotozların sentezi, işlevselleştirilmesi üzerinde nanoyapılı bir matris halinde yerinde büyümesi gibi süreçleri basitleştirmek için üretim hattında farklı teknikleri birleştiren kendi kendini izleyen bir otomasyon geliştirmek	CEA ve ortakları tarafından geliştirilen ve öncelikle işyerinde güvenliği teşvik eden ve daha sonra entegre ve kontrollü yerinde üretime uzanan Nanosafe entegre girişiminin başlangıcından bu yana elde edilen ilerlemeyi gösterir	Araştırma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Çevre sorunları, toksidite, ateş ve patlama tehlikesi	Farklı örneklerle araştırmanın desteklenmesi
66	Sun v.d. (2013)	Weavable high-capacity electrodes	Güçlü ve esnek olan, aynı zamanda yüksek elektrik iletkenliğine sahip bir Si-karbon nanotüp ipliği tasarımı ve sentezlenmesi	Daha önce gösterilen enerji iplikleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek olan 2200 mA h/g'lik depolama kapasitesi gösterilmiştir.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Nano ölçekte malzemelerin işleme zorluğu	Yüksek elektrik iletkenliği olan yeni tasarım önerilmiştir.
67	Busnaina v.d. (2014)	Nanomanufacturing and sustainability: opportunities and challenges	Henüz araştırma laboratuvarlarında olan yeni nano üretim teknolojilerinin, nano yapıların büyük ölçekte ve yüksek hızlarda düşük maliyetle üretilmesi için büyük bir fırsat sunduğunu vurgulanmaktadır.	Nano ölçekli yapıların ticarileştirilmesine yol açan nano üretimin başarısının, katkı maddesi eklemeye ve çok ölçekli nano üretim sistemlerine dayanan güçlü ve sağlam nano üretim sistemleri gerektirdiğini belirtilmektedir.	Literatür İncelemesi	Çeşitli Sektörler	Teknik ve kültürel sorunlar	Nano üretimin demokratikleşmesine ve tamamen yeni endüstrilerin yaratılmasına yol açarak yeniliği teşvik edecek olan sürdürülebilir nano üretimdir, mevcut nano üretim engellerini önemli ölçüde düşürecektir.
68	Agarwal v.d. (2014)	Impact of Multidisciplinary Nanotechnology Curricula on Engineering and Science Programs	Mühendislik ve Bilim programlarının bir parçası olarak dört birleşik nanoteknoloji-araştırma müfredatının uygulanmasının etkisini tartışmaktadır.	Eğitim cephesinde, multidisipliner programın yeni modeli, hem Mühendislik hem de Bilim programlarındaki çalışma planı dahilinde verilen teknik seçmeli derse katkıda bulunmuştur.	Tartışma	Çeşitli Sektörler	Nanoteknoloji süreçlerinde bilim ve teknoloji zorlukları	Multidisipliner nanoteknoloji müfredatının eğitim ve araştırma konusundaki sonuçlarını, öğrencilerin geliştirilen derslere ve nanoteknoloji yoluna katılımı ve öğrencilerden öğrenme deneyimlerine ilişkin toplanan anket verileri şeklinde sunmaktadır.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
69	Chen v.d. (2014)	Nanoscale Thermal Transport in Plasmonic Nanofocusing Structure With Strong Nonlocality	Plazmonik nano odaklama yapılarının elektromanyetik ve optotermal tepkilerini inceleyerek, enerji taşıyıcılarının güçlü etkileşimlerini ve taşıyıcıların balistik doğasını göz önünde bulunduran ve nanometre ölçekli ısı üretimi ve taşınımını anlamak için çoklu taşıyıcı balistik-difüzyon modeli kullanılmaktadır.	Plazmonik nano odaklama yapılarında ısı üretimi ve taşınımını anlamak için balistik ve difüzyon enerji taşıyıcılarını entegre eden, nanometre ölçekli optotermal tepkileri daha doğru bir şekilde tanımlayan çoklu taşıyıcı balistik-difüzyon modeli geliştirilmesiyle literatüre önemli bir katkı sağlanmaktadır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Yoğun ısı sebebi ile güvenilemez cihaz fonksiyonları ve kısa cihaz ömrü	Balistik-difüzyon modeli kullanarak, bu yapıların performansını ve ömrünü daha iyi tahmin etmeyi sağlayacak yöntemler önerilmektedir.
70	Li v.d. (2014)	Life Cycle Environmental Impact of High-Capacity Lithium Ion Battery with Silicon Nanowires Anode for Electric Vehicles	Elektrikli araçlar (EV'ler) için silikon nanotel (SiNW) anodu kullanarak yüksek kapasiteli lityum iyon bataryalarının (LIB'ler) yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini değerlendirir.	Ortalama ABD sürüş ve elektrik tedarik koşullarına dayanarak bir yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) gerçekleştirir ve SiNW sentezinden kaynaklanan nano atıkların ve nanopartikül emisyonlarının karakterizasyonunu da içerir.	Tartışma	Elektrikli Araç Endüstrisi	Batarya sorunu	Uygun nano üretim teknolojilerinin teknik performansı artırırken aynı zamanda çevresel etkilerin seviyesini koruyabileceğini ve gelecek nesil LIB'lerin sürdürülebilir gelişimi için sağlam bir temel sağladığını belirtir.
71	Postek v.d. (2014)	Nanomanufacturing Concerns about Measurements made in the SEM Part III: Vibration and Drift.	Taramalı elektron mikroskopları (SEM) kullanılarak ileri imalat süreçlerinde yapılan kritik ölçümlerde karşılaşılan ölçüm belirsizliklerinin nedenlerini ve NIST'te araştırılan ve geliştirilen çözümleri tartışmak, özellikle titreşim ve kayma sorunlarına odaklanarak bu sorunların üstesinden gelmek için kullanışlı çözümleri verilmektedir.	Taramalı parçacık ışını enstrümanlarındaki, özellikle SEM, ölçüm belirsizliklerine neden olan titreşim ve kayma gibi sorunları ve bu sorunları azaltmak için geliştirilen çözümleri detaylandırarak, SEM kullanımıyla ilgili kalite kontrol ve ölçüm doğruluğunu artırma konusunda literatüre önemli bir katkı sağlanmaktadır.	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Kullanıcı tarafından mikrografta görülen her şeyin doğru kabul edilebilir ve bu bir risktir.	SEM kullanımında karşılaşılan titreşim ve kayma problemlerini azaltmak için fizik temelli modelleme, uygun enstrüman kalibrasyonu ve geliştirilmiş kontaminasyon önleme yöntemleri gibi çözümler önerilmektedir.
72	Subramanian v.d. (2014)	Sustainable nanotechnology: Defining, measuring and teaching	Sürdürülebilir nanoteknolojinin tanımlanması, ölçülmesi ve öğretilmesi üzerine odaklanmaktadır.	Nanoteknolojiyle ilgili mevcut yüksek belirsizlik düzeyi ve henüz emekleme aşamasında olan bir alanın bilinmeyen yörüngesi göz önüne alındığında, belirsizlik ve değişkenlik tartışmalarının güçlü bir şekilde teşvik edildiği bir bağlamda nanoteknolojinin öğretilmesinin önemini vurgulamaktadır.	Analiz ve Uygulama	Çeşitli Sektörler	Sürdürülebilir nanoteknoloji ve nano üretimde veri boşlukları ve belirsizlikler	Bu zorlukların üstesinden gelmek için çevresel, toplumsal ve ekonomik etkilerin metriklerinin tanımlanması gerektiği belirtilir.
73	Bharathi ve Dong (2015)	Feedrate optimization and trajectory control for micro/nanopositioning systems with confined contouring accuracy	Mikro/nanopozisyonlama sistemlerinde sınırlı hatve hassasiyetle besleme hızı optimizasyonu ve yörünge kontrolünü gerçekleştirmektedir.	Nanopozisyonlama sistemlerinin dinamik kapasitelerini modelleyerek ve bu kapasiteleri kullanarak belirli bir araç yolu için optimal bir yörünge üretebilen bir metodoloji sunması	Model Geliştirme	Kimya Mühendisliği	Hassasiyet ve kontrol sorunu	Bu yaklaşım, nanometre ölçekli bileşenlerin ve yapıların hassas ve verimli üretimini sağlayarak, nanoteknoloji ve nano üretim alanında neyin başarılabilir olduğunun sınırlarını zorlayabilir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
74	Geraci v.d. (2015)	Perspectives on the design of safer nanomaterials and manufacturing processes	Çalışmanın amacı, sürdürülebilirlik, iş sağlığı ve güvenliği ile yeşil kimya tartışmalarına Tasarım Yoluyla Önleme ilkelerini dahil etmek için yapılan koordineli çabayı ortaya koymaktır.	Bu çalışma, nanoteknolojinin güvenli bir şekilde geliştirilmesi için Tasarım Yoluyla Önleme ilkelerinin uygulanabilirliği ve önemi hakkında bilgi sunar.	Atolye Çalışması	Çeşitli Sektörler	Sağlık ve Güvenlik riskleri	Çalışma, nanoteknolojinin güvenli bir şekilde geliştirilmesi ve uygulanması için Tasarım Yoluyla Önleme ilkelerinin entegrasyonunu önerir.
75	Kim ve King (2015)	A study of long term operation and reliability of heated atomic force microscope cantilevers	Yüksek sıcaklıklarda (1100 °C'ye kadar) ve uzun ısıtma sürelerinde (108 saat kadar) dopant difüzyonu nedeniyle değişen elektro-termal özellikleri nedeniyle, ısıtılmış atomik kuvvet mikroskobu (AFM) kantileverlerinin uzun vadeli işletim ve güvenilirliğini detaylı bir şekilde analiz etmektedir.	Bu çalışma, ısıtılmış AFM kantileverlerinin uzun süreli kullanımı ve yüksek sıcaklıklardaki performansı üzerine etkileri olan dopant difüzyonu ile ilgili elektro-termal özelliklerdeki değişimleri analiz ederek, bu kantileverlerin kalibrasyonundaki önemli hatalara yol açabilecek uzun vadeli operasyonel güvenilirliğin anlaşılmasını sağlamaktadır.	Analiz	Elektronik Endüstrisi	Lokal ısınma sebebi ile arıza mekanizmasının oluşması	Uzun vadeli operasyonel güvenilirliği anlamak ve hesaba katmak malzeme özelliği ölçümleri ve nano üretim uygulamaları için çok önemlidir.
76	Leahu v.d. (2015)	Thermal Characterization of Carbon Nanotubes by Photothermal Techniques	Çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) filmlerinin optotermal karakterizasyonunu fototermal ve fotoakustik teknikler kullanarak gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır.	Ticari CNT nano malzemelerinin yüzey kalitelerinin makro ölçekte değerlendirilmesiyle ilgili bir zorluğu ele alarak katkıda bulunur	Uygulama	Elektronik Endüstrisi	Güvenilir ve tutarlı üretim	Nano üretim süreçleri geliştirilmeli ve nano malzemeye termal özellik eklenmelidir
77	Korayem v.d. (2015)	Modeling and simulation of critical forces in the manipulation of cylindrical nanoparticles	Silindirik nanopartiküllerin manipülasyonunda kritik kuvvetlerin modellenmesi ve simülasyonunu gerçekleştirmektedir.	Özellikle silindirik partiküllerin manipülasyonunda mevcut modellerin yetersiz kaldığı durumlar için kapsamlı bir algoritma sunmasıdır. Bu algoritma, kritik zaman ve kuvvetin belirlenmesini sağlar, maksimum dönme açısını belirler ve çevresel, işlemsel ve geometrik parametrelerin kritik kuvvet ve zaman üzerindeki etkilerini inceler.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Üretimdeki zaman ve kuvvet yönetimi	Nanopartiküllerin manipülasyonu için geliştirilen kapsamlı modelin uygulanabilirliğini ve bu modelin nanomanüfaktür süreçlerinin etkinliğini ve hassasiyetini artırmada nasıl kullanılabileceğini içermektedir.
78	Li v.d. (2015)	Thermodynamic analysis of titanium dioxide nanotube synthesis process for sustainability improvement	TiO ₂ nanotüp sentez sürecinin sürdürülebilirliğini iyileştirmek için enerji tüketimi ve ekserji kayıplarını entegre eden bir termodinamik analiz modeli sunmaktadır.	Benzer nanomalzeme sentez süreçlerinin sürdürülebilirliğini iyileştirme çabalarına rehberlik edebilir ve bu alandaki araştırmalar için yeni yollar açabilir.	Analiz ve Uygulama	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Enerji tüketimi	Diğer benzer nanomateryal sentez süreçlerinin sürdürülebilirliğinin iyileştirilmesine kadar genişletilebilir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
79	Mukherjee v.d. (2015)	Energy Demand Analysis of Photovoltaic Device - Material and Nanomanufacturing Process Discovery	Fotovoltaik cihazların enerji talebini ve nano malzeme ve üretim süreçlerinin keşfinin enerji talebi üzerindeki etkisini analiz etmektir.	Fotovoltaik cihazların üretim süreçlerinin enerji talebini detaylı bir şekilde inceleyerek, bu süreçlerin enerji yoğunluğuna dair kapsamlı bir bakış açısı sunmasıdır	Analiz	Enerji Endüstrisi	Yüksek enerji tüketimi	Araştırma ve geliştirme aşamalarında enerji verimliliğinin artırılması ve üretim süreçlerinin enerji yoğunluğunun azaltılması için öneriler verilmektedir.
80	Postek ve Vladár (2015)	Nanomanufacturing Concerns about Measurements Made in the SEM Part IV: Charging and its Mitigation	Faramalı elektron mikroskoplarında (SEM) boyutlandırma ölçümleri yapılırken karşılaşılan ölçüm belirsizliklerine neden olan ve özellikle yüklenme (charging) ile ilgili sorunları ve bu sorunların azaltılması için NIST ve diğer araştırma kurumlarında araştırılan ve geliştirilen çözümleri tartışmaktadır.	Taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak yapılan ölçümlerde karşılaşılan yüklenme (charging) sorunlarını ve bu sorunların boyutlandırma ölçümlerine etkilerini kapsamlı bir şekilde ele alarak, bu alanda ölçüm belirsizliklerini azaltma yöntemleri üzerine önemli bilgiler sunmaktadır.	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Ölçüm belirsizlikleri	Bu çalışma, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak yapılan ölçümlerde yüklenme (charging) sorununu azaltmak için düşük hızlandırma voltajı kullanımı, numuneyi iletken bir katmanla kaplama, değişken basınç SEM teknikleri ve diğer potansiyel çözümler gibi yöntemler önermektedir.
81	Rivera ve Sutherland (2015)	A design of experiments (DOE) approach to data uncertainty in LCA: application to nanotechnology evaluation	Nanoteknolojinin çevresel etkilerini değerlendirmek için DoE yaklaşımı ile LCA tekniklerinin birleştirilmesine dayanır.	Bu çalışma, DoE tekniklerini LCA ile birleştirerek nanomalzemelerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için yenilikçi bir metodoloji sunar.	Metodoloji Geliştirme	Enerji Endüstrisi	Nanoteknolojinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde envanter verisindeki belirsizlikler ve malzeme seçiminde zorluklar	Nanoteknoloji üretim süreçlerinin çevresel performansını iyileştirmek için enerji tüketimi ve malzeme karakterizasyonu alanlarında daha fazla araştırma yapılmasını önermektedir.
82	Starr ve Wang (2015)	Coupling of piezoelectric effect with electrochemical processes	Piezoelektrik polarizasyon ve elektrokimyasal süreçler arasındaki etkileşim etkisinin mühendisliğini sağlamak ve bu etkileşimin heterojonksiyon yük taşıyıcı iletkenlik özelliklerini, bir kimyasal çözelti ile gerilim altındaki bir piezoelektrik malzeme arasında nasıl şekillendirebileceğini incelemektedir.	Piezoelektrik polarizasyon ve elektrokimyasal süreçler arasındaki bu etkileşim etkisinin, korozyon yönetimi, nano üretim ve yenilenebilir enerji dönüşümü alanlarında yeni bir yaklaşım olarak tartışılmasını sağlamasıdır.	Tartışma	Elektrokimya	Üretimde oraya çıkabilecek kimyasal reaksiyon- Güvenli üretim	Piezoelektriklerin, çevre ile kimyasal reaksiyonlar arasında kimyasal reaksiyonları sürmek için gereken elektronik pertürbasyonu sağlamak üzere mekanik gerilimle itip çekmek için kullanılabilir
83	Walker v.d. (2015)	Integrating life cycle assessment into managing potential EHS risks of engineered nanomaterials: reviewing progress to date	2011 Ulusal Nanoteknoloji Girişimi'nin Çevresel Sağlık ve Güvenlik Araştırma Stratejisi'nin önerileri doğrultusunda mevcut araştırmaların, nano malzemelerin gelişiminde yaşam döngüsü yaklaşımlarının risk yönetimine nasıl entegre edildiğini değerlendirmeyi amaçlar.	Nano malzemelerin potansiyel EHS risklerinin değerlendirilmesi ve yönetilmesi konusunda yaşam döngüsü ve risk değerlendirmesinin (RA) entegrasyonunun öneminin vurgulanması	Literatür İncelemesi	Çeşitli Sektörler	Nano malzemelerin yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek çevresel ve sağlık riskleri ve bu risklerin üretimden itibaren tanımlanması ve yönetimindeki eksiklikler	Nano malzemelerin üretim süreçlerinin optimizasyonu, nano malzemelerin çevreye ve insan sağlığına etkilerinin daha iyi anlaşılması için daha kapsamlı araştırmaların yapılması ve nano ürünlerin güvenli kullanımı için düzenleyici çerçevelerin geliştirilmesi

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
84	Asaduzzaman ve Asmatulu. (2016)	A learner-centered computational experience in nanotechnology for undergraduate STEM students	STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitimi alan lisans öğrencilerine yönelik disiplinler arası, öğrenci merkezli bir hesaplama deneyimi sunmaktır.	STEM öğrencilerinin motivasyonunu, katılımını ve öğrenmelerini artırarak, öğrenci merkezli öğrenme ortamını güçlendirmes	Araştırma	Çeşitli sektörleri kapsar	Bir üretim problemine değinilmemiştir.	Nanoteknoloji ve paralel programlama konularını tüm lisans ve lisansüstü STEM öğrencilerine sunarak bu konuları mevcut kurslara entegre etmeyi, yeni kurslar geliştirmeyi ve bu kurslar aracılığıyla öğrencileri önerilen aktivitelere dahil etmeyi içerir.
85	Cheng, v.d. (2016)	Fast Monte Carlo Simulation-based Process Design and Planning for Carbon Nanotube Synthesis	Nano yapıların sanayi uygulamaları için düşünülmesine rağmen mevcut üretim ve verim oranının oldukça düşük, %10-20 civarında olması gerçeğinden yola çıkarak, nanoyapı kalitesini ve dolayısıyla verim oranını artırmak için etkili bir süreç planlama ve tasarımı geliştirmektedir.	Nanoüretim süreçlerinin optimizasyonu ve kalite güvencesi yönünde, özellikle atomistik simülasyon modellerinin aşırı hesaplama yükü nedeniyle büyük ölçüde kullanılmadığı nanomanüfaktür süreç tasarımı ve planlaması için atomistik ve mezo-ölçek simülasyon tabanlı bir yaklaşımın başarıyla bildirilmemiş olmasına bir çözüm sunmaktadır.	Model Geliştirme	Çeşitli Sektörler	Düşük verim oranı ve güvenilirlik, süreç kontrolünün eksikliği ve yüksek seri-seri varyasyon gibi zorluklar	Nano yapıların ölçeklendirilebilir üretimini gerçekleştirmek için zorunlu olan süreç tasarımı ve optimizasyonunu sistematik bir şekilde tasarlamak ve optimize etmek gereklidir.
86	Erbis v.d. (2016)	Review of Research Trends and Methods in Nano Environmental, Health, and Safety Risk Analysis	Nanomateriyaller, nano üretim ve nano etkin ürünlerle ilgili EHS çalışmalarını kapsamlı bir şekilde gözden geçirmek ve bu bilgi birikimini çeşitli açılardan incelemektir.	Nano-EHS risk analizi bilim literatürünü karakterize ederek, bu alandaki mevcut bilgi birikimini düzenlemek ve gelecekteki araştırma ihtiyaçlarını belirlemek için önemli içgörüler sağlamasıdır	Literatür İncelemesi	Çeşitli Sektörler	Nanomateriyallerin toksisitesi, uzun vadeli birikim etkileri veya doz-yantı ilişkileri gibi olası EHS riskleri konusundaki endişelerdir	Risk yönetimi ve risk değerlendirmesine yönelik analizlerin yapılması gereklidir
87	Postek ve Vladar (2016)	Nanomanufacturing Concerns about Measurements Made in the SEM Part V: Dealing with Noise	Taramalı elektron mikroskopları (SEM) kullanılarak elde edilen ölçümlerin belirsizliklerinin çeşitli nedenlerini, özellikle sinyal-gürültü oranının (SNR) ölçüm kesinliğine katkısını incelemek ve tartışmaktır.	Bu çalışma, SEM ölçümlerinde sinyal-gürültü oranının (SNR) anlaşılması ve yönetilmesi üzerine kapsamlı bir rehber sunarak, ölçüm kesinliğini artırmada kritik stratejileri literatüre katkıda bulunur.	Sunum	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Ölçüm sınırlılıkları	Bu çalışma, SEM ölçümlerinin kalitesini ve kesinliğini artırmak için sinyal-gürültü oranını (SNR) optimize etme ve gürültüyü azaltma yöntemlerine odaklanan çeşitli stratejiler önerir.
88	Promyoo, v.d. (2016)	Tip-Based Nanomanufacturing of Nanofluidics Using Atomic Force Microscopy	Nanokanalların üretiminde atomik kuvvet mikroskobu bazı nanoişlemlerin uygulanması	AFM kullanılarak nanokanalların üretiminin zaman ve maliyeti değerlendirildi ve geleneksel litografi süreciyle karşılaştırıldı.	Deney ve Raporlama	Elektronik Endüstrisi	Maliyet ve Zaman sorunu	Nanokanalların test edilmesi ve sürdürülebilirliği

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
89	Qiao v.d. (2016)	Toward Scalable Flexible Nanomanufacturing for Photonic Structures and Devices	Esnek malzemeler üzerinde nano üretim için ölçeklenebilir nanopatternleme teknolojilerini vurgulayarak, fotovoltaikler ve organik ile inorganik ışık yayan diyotlar gibi optoelektronik cihazların üretimi için mevcut nanopatternleme teknolojilerinin durumunu özetlemektedir.	Esnek substratlar üzerinde ışık yönetimini sağlayarak optoelektronik cihazların ışık toplama kapasitesini kontrol etme stratejilerini geliştiren, ölçeklenebilir nanopatternleme teknolojilerinin kritik zorluklarını ve potansiyel gelişim yönlerini ele almıştır.	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Nano patern teknolojisinin kritik zorlukları	Esnek malzemeler üzerindeki nano üretim için ölçeklenebilir nanopatternleme teknolojilerini geliştirmeyi ve organik optoelektronik cihazlarda ışık yönetimini iyileştirmeyi önermektedir.
90	Qiu v.d. (2016)	Thermochemistry and kinetics of graphite oxide exothermic decomposition for safety in large-scale storage and processing	Büyük ölçekli depolama ve işleme sırasında güvenliği sağlamak amacıyla, grafen teknolojilerinin başarılı bir şekilde geliştirilmesi için grafen oksit (GO) ekzotermik bozunmasının termodinamik ve kinetik incelemesini detaylı bir şekilde sunmaktadır.	GO tabanlı malzemelerin laboratuvar konularından emtia ürünlerine başarılı bir geçiş yapmasını sağlamak için depolama ve işleme sırasındaki güvenli koşulları belirlemek için kullanılabilir kantitatif kinetik parametreler sağlar	Deney ve Modelleme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Büyük ölçekli üretimde güvenlik ve ölçeklendirme sorunlarını	GO depolama ve işleme sırasında kendiliğinden ısınma ve istenmeyen patlayıcı olaylardan kaçınmak için güvenli koşulları tanımlanması gerekir
91	Sloter (2016)	Nanomaterials and Nanomanufacturing with an Emphasis on National Security	Savunma Bakanlığı'nın Ulusal Nanoteknoloji Girişimi'nin kurucu katılımcısı olarak rolü ve federal koordinasyon ve işbirliğinin değeri, nano üretim ve teknolojinin birleştirilmesi gibi artan vurgu alanlarıyla birlikte tartışılmaktadır.	Akademik çevreler, küçük işletmeler, büyük işletmeler de dahil olmak üzere geniş bir katılımcı yelpazesinin önemi seçilmiş örneklerle birlikte vurgulanmıştır.	Tartışma	Savunma Sanayi	Karmaşık sistemler	Uluslararası işbirlikleri ile daha geniş işbirliği ağının gerekliliği
92	Sargent (2016)	Nanotechnology: A policy primer	Nanoteknolojinin kamu ve özel sektör yatırımlarını, ABD'nin bu alandaki uluslararası rekabetçiliğini ve çevresel, sağlık ve güvenlik (EHS) endişelerini incelemektedir.	Nanoteknolojiye yapılan kamu yatırımlarının yanı sıra, ABD'nin nanoteknoloji alanında küresel lider konumunu koruma çabalarını ve potansiyel EHS risklerini yönetme stratejilerini detaylı bir şekilde değerlendirmektedir.	Araştırma	Çeşitli sektörler	Çevresel, sağlık ve güvenlik riskleri	Nanoteknoloji bazında kamu ve özel sektör yatırımlarının artırılması
93	Yao v.d. (2016)	Three-Dimensional Printable High-Temperature and High-Rate Heaters	Bu çalışma, 3D yazdırılabilir, yüksek sıcaklık ve hızlı ısıtma kapasitesine sahip indirgenmiş grafen oksit (RGO) tabanlı ısıtıcıların geliştirilmesini amaçlamaktadır.	Literatüre, yüksek sıcaklıklarda ve ultra hızlı ısıtma oranlarında çalışabilen yeni bir ısıtıcı türünün tanıtılmasıyla katkıda bulunur.	Uygulama	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Üretimde hızlı ve etkili ısıtma sağlayabilecek teknoloji eksikliği	Yeni ısıtıcıların geliştirilmesi ve malzeme sentezi, cihaz işleme ve diğer nanoteknolojik uygulamalarda etkin kullanılması
94	Yao v.d. (2016)	In-line dimensional metrology for nanomanufacturing systems	Nanometre ölçeğinde imalat işlemlerinde atomik kuvvet mikroskopisi (AFM) tabanlı bir denetim sistemi geliştirmek	Nanometre ölçeğinde imalat süreçlerindeki kusurları kontrol etmek için hızlı bir şekilde uygulanabilen ve AFM tabanlı bir denetim sistemi sunmaktadır.	Uygulama	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Hataların kontrol edilmesi	Çalışma, nanometre ölçeğinde imalat süreçlerinde hızlı ve etkili bir şekilde AFM tabanlı denetim sistemi uygulamak için mekanik bir wafer hizalama cihazı önermektedir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
95	Behrens, v.d. (2017)	Process Principles for Large-Scale Nanomanufacturing	Büyük ölçekli nano üretimin mevcut zorluklarını tanımlamak ve bu zorlukların üstesinden gelmek için yollar önermektedir.	Nanoteknoloji ve kimya mühendisliği alanları arasında daha üretken bir disiplinlerarası diyalog başlatmayı amaçlayan bir çerçeve sunmaktadır.	Tartışma	Kimya Mühendisliği	Nanomateriyallerin büyük ölçekte ve yüksek saflıkta üretiminin karmaşıklığı	Büyük ölçekli üretim için uygun sentez ve ayırma yöntemlerinin geliştirilmesi, nanomalzemelerin paketlemesinin geliştirilmesi
96	Crane v.d. (2017)	Rapid synthesis of transition metal dichalcogenide-carbon aerogel composites for supercapacitor electrodes	Geçiş metal dikalkojenid (TMD) malzemelerinin süperkapasitör elektrotları için olağanüstü özellikler sergiledikten sonra metalik fazlara dönüştürülmesiyle ağır iletkenliğinin artırılmasıdır.	Bu spesifik konuda ölçeklenebilir ve hızlı üretimin olabilesinin gösterilmesi	Uygulama	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Kötü mekanik özellik nedeniyle üretimin başarısız olması	Temas direncindeki farklılıkların olumlu olması
97	García-López v.d. (2017)	3D printed multiplexed electrospinning sources for large-scale production of aligned nanofiber mats with small diameter spread	Düşük maliyetli ve modüler miniaturize nanolif elektro çekme kaynaklarının tasarımı, üretimi ve karakterizasyonunu sunarak, düşük çap varyasyonuna sahip, hizalanmış nanolif matlarının ölçeklenebilir üretimini sağlamaktadır.	Düşük çap varyasyonuna sahip hizalanmış nanolif matlarının ölçeklenebilir üretimi için yenilikçi, düşük maliyetli ve modüler miniaturize nanolif elektro çekme kaynaklarının geliştirilmesidir.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Mevcut teknolojilerin yüksek verimlilikte nano boyutlarda üretimine yetersiz kalması	Nanolif üretiminde daha yüksek verimlilik ve ölçeklenebilirlik elde etmek için 3D baskı teknolojisinin kullanılmasını önerir.
98	Lee v.d. (2017)	Concurrent design of quasi-random photonic nanostructures	Litegrofi nano üretim yöntemi ile yarı-rastgele fotonik nano yapıların eş zamanlı tasarımını amaçlar	Nano yapıların ve işleme koşullarının eş zamanlı tasarımını mümkün kılan bir yaklaşım sunar, bu da büyük alanlarda ve ölçeklenebilir bir nano üretim sağlar.	Model Geliştirme	Elektronik Endüstrisi	Bir üretim problemine değinilmemiştir.	Nano yapı tasarım ve üretim süreçlerini optimize etme önerileri sunar, bu da daha verimli ışık yakalama ve geniş bant genişliğinde yüksek ışık emilimi sağlar.
99	Ossai v.d. (2017)	Uncertainty quantification in nanowire growth modeling – A precursor to semiconductor quality nanomanufacturing"	Yarı iletken nanotel üretimindeki belirsizlikleri hafifletmek için nanotel büyüme modelleriyle ilişkili belirsizliklerin azaltılmasının, nanotel yarı iletkenlerinin nanomanüfaktür kalitesi ve güvenilirliği üzerinde önemli sonuçları olacağını vurgulamaktadır.	Nanotellerin bölümsel mekanistik büyüme modelinin geliştirilmesi ve bu modelin deneysel büyüme verileri ile test edilmesidir.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve mühendisliği	Kalite ve güvenlik eksigi	Yarı iletken nanotellerin nanoüretim kalitesi ve güvenilirliğinin artırılması
100	Veliz v.d. (2017)	Photon Management through Virus-Programmed Supramolecular Arrays	Virüslerin programlanabilir doğasını ve supramoleküler dizilimler oluşturma yeteneklerini kullanarak, foton yönetimine yönelik yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır.	Virüslerin genetik mühendisliği ve kendiliğinden montaj özelliklerini kullanarak fotonik malzemeler oluşturma alanında yeni bir yol sunmasıdır.	Model Geliştirme	Biyo Endüstrisi	Hassas üretim sınırlamaları ve kontrol kısıtları	Virüslerin genetik mühendisliği ve kendiliğinden montaj özelliklerini daha da keşfetmeyi ve bu yaklaşımları kullanarak fotonik uygulamalar için daha etkin ve özelleştirilebilir malzemeler geliştirmeyi önerir.
101	Yoon v.d. (2017)	CAD/CAM for scalable nanomanufacturing: A network-based system for hybrid 3D printing	Mikro/nano ölçekli işlemleri entegre eden hibrit bir 3 boyutlu baskı süreci geliştirilerek nano üretim alanını ilerletmeyi amaçlamaktadır.	Farklı üretim süreçleri arasında ilişki kurarak, nano üretimin geometrik ve malzeme yeteneklerini potansiyel olarak genişletebilecek bir yöntem sunmaktadır.	Araştırma	Çeşitli Sektörler	Sınırlı malzeme ve karmaşık yapılar	Hibrit süreçler için entegrasyon ve esneklik, aktif iletişim, uygulanabilir sistemler

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
102	Zhao ve Zhang (2017)	Design of optical and radiative properties of surfaces	Mikro-/nano yapıların 2D malzemelerin optik ve radyatif özelliklerinin tasarımına odaklanılır.	Mikro-/nano yapılar ve 2D malzemelerin optik ve radyatif özelliklerinin tasarımı üzerine yapılan son gelişmeleri özetlemesi ve anizotropik katı dalgaların analizine uygun bir modelleme tekniği sunulmuştur.	Model Geliştirme	Optik	Tasarım sorunları	Gelecekteki enerji toplama sistemleri, fotodetektörler ve termal yönetim için yeni mikro-/nano yapılar ve 2D malzemelerle ilgili daha fazla araştırma yapılmasını içerir.
103	Ding v.d. (2018)	Design and analysis of a flexure-based modular precision positioning stage with two different materials	Mikro ölçekteki işlemler için gereken hassas konumlandırma gereksinimlerini karşılayabilen, farklı malzemelerden (alüminyum (T6-7075) ve Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) plastik malzeme yapılmış esnek bir yapıya sahip, modüler bir 2-DOF (derece serbestlik) hassas konumlandırma modeli tasarlamak ve analiz etmektir.	Mikro/nano mühendislik alanında, mikro/nano üretim veya hücre manipülasyonu gibi uygulamalarda, yüksek teknolojinin daha üst seviyelere taşınmasına yardımcı olabilecek model geliştirilmiştir.	Model Geliştirme	Biyomedikal Mühendisliği	Nano boyutta üretimde tekrarlayan yüklemeler sonucunda malzemenin zorlanması	Tasarlanan sahnenin farklı amplifikatörler ve farklı amplifikasyon oranları ile orijinal amplifikatör mekanizmalarını farklı uygulamalar için değiştirebilen modüler bir sahne kullanılmasını içerir.
104	Garcia v.d. (2018)	Molecular dynamics simulations of single grain pure aluminum in a vice fixture for nanomanufacturing applications	Nano ve makro ölçekli üretimde meydana gelen işleme bozulmalarını ve deformasyonları anlamak için her iki ölçeğin de araştırılmasının önemini vurgulamaktadır.	Nano ve makro ölçekli uygulamaların üretiminde bilgi açığını kapatmaya yardımcı olmayı hedefleyerek, cihazların işleme bozulmaları ve kritik stres yoğunlukları üzerindeki etkilerini gösterir	Araştırma	Elektronik Endüstrisi	Nano ölçekte üretimde deformasyon	Makro ve nano işleme arasındaki ilişkiyi anlamak için nano işleme simülasyonlarının kullanılabilirliğini daha fazla araştırmayı önerir
105	Falsini v.d. (2018)	Sustainable strategies for large-scale nanotechnology manufacturing in the biomedical field	Biyomedikal uygulamalar için nanoteknolojinin sürdürülebilirliği konusuna dikkat çekmek	LCA modelleri, yeşil kimya ve sürekli akış yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik önemli araçlar sunar	Analiz	Biyomedikal Mühendisliği	Çevresel faktörler	LCA modellerinin üretim süreçlerinin seçimine rehberlik etmede yardımcı olabileceğini önerir
106	Khare v.d. (2018)	Nanotribological printing: a nanoscale additive manufacturing method	Nanotribolojik baskı (NTP) adı verilen yeni bir nanometre ölçekli katkı maddesi üretim tekniğini tanıtmaktadır.	NTP'nin tribomekanik ve tribo kimyasal etkileşimler yoluyla nanometre ölçekli yapılar oluşturabilen yeni bir katkı maddesi üretim tekniği olarak tanımlanmıştır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Kimyasal etkileşim sonunda ürünün yapısının bozulması	Gelecek araştırmalarda nanometre ölçekli desenleme potansiyeline bakılmalıdır
107	Li v.d. (2018)	Opto-Thermophoretic Tweezers and Assembly	Işık kontrollü sıcaklık gradyanı aracılığıyla koloidal parçacıkların, moleküllerin ve biyolojik hücrelerin optotermal manipülasyonlarını sağlamaktır	Koloidal parçacıkların, moleküllerin ve biyolojik hücrelerin düşük güçle, çok yönlü ve zararsız bir şekilde manipüle edilmesi yöntemlerini geliştirmektedir.	Literatür İncelemesi	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Parçacıkların manipüle edilmesi zorlukları	Optotermal yöntemler kullanarak koloidal parçacıkların, moleküllerin ve biyolojik hücrelerin düşük optik güçle manipüle edilmesi ve monte edilmesi için yenilikçi ve verimli teknikler önerilmektedir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
108	Loganathan v.d. (2018)	Design and Control of a Dual-Probe Atomic Force Microscope	Tek uçlu atomik kuvvet mikroskopunun (AFM) sınırlamalarını aşmak için bağımsız olarak çalışabilen iki uçlu bir atomik kuvvet mikroskobu (DP-AFM) tasarımı ve kontrolünü sunmaktadır	Nano üretim alanında gerçek zamanlı işlem kontrolü sağlayan ve böylece nanoskala malzeme kaldırma işlemlerinin hassasiyetini artıran çift uçlu bir AFM'in tasarımı ve kontrol stratejilerinin detaylı bir şekilde incelenmesidir.	Deney ve Raporlama	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Hassasiyet ve eş zamanlı işlemlerin yapılmasının zorluğu	Çift uçlu AFM teknolojisinin geliştirilmesi ve nanoteknoloji uygulamalarında kullanımının genişletilmesi, süreç kontrolü ve optimizasyonu
109	Zhao v.d. (2018)	Tool Path Planning for Directional Freezing-Based Three-Dimensional Printing of Nanomaterials	Yönlendirilmiş dondurma tabanlı 3D baskı teknolojisinde ısı yönetimini optimize etmek için modelleme ve optimizasyon temelli bir ısı tahmin yaklaşımı ve buna dayalı sezgisel bir araç yolu planlama yöntemi sunarak, basılan nano yapıların fonksiyonel ve yapısal bütünlüğünü geliştirmeyi amaçlamaktadır.	Yönlendirilmiş dondurma tabanlı 3D baskı teknolojisinde ısı yönetimini iyileştiren yenilikçi bir modelleme, optimizasyon ve araç yolu planlama yaklaşımı sunarak, nano yapıların üretim kalitesini artıran literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Isının neden olduğu erime ve katılma süreci	Isı tahmini üzerine modelleme ve optimizasyon temelli bir yaklaşım ile sezgisel araç yolu planlama yöntemini önererek, yönlendirilmiş dondurma tabanlı 3D baskı işleminde sıcaklık dağılımının homojenliğini artırıp, basılan nano yapıların performansını iyileştirmeyi amaçlamaktadır.
110	Zhou v.d. (2018)	Engineering the Future of Silk Materials through Advanced Manufacturing	İpek malzemelerin temel özelliklerini ve imalat işlemlerini kapsamlı bir şekilde incelemek ve yeni yüksek teknolojik uygulamaları sergilemek	İpek teknolojisinin son ilerlemelerini, çok ölçekli imalat ve çok modlu karakterizasyonla sağlanan yüksek teknoloji uygulamalarını vurgulayarak literatüre önemli bir katkıda bulunmaktadır.	Literatür İncelemesi	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Bir üretim problemine değinilmemiştir.	Çok modlu karakterizasyonundaki son yeniliklerin mümkün kıldığı yüksek teknoloji uygulamaları çeşitli sektörlerde de uygulanabilir.
111	Yu v.d. (2018)	Micro-/Nanorobots Propelled by Oscillating Magnetic Fields	Salınımlı manyetik mikro/nanorobot üretim tekniklerindeki (elektrokaplama, kendi kendine montaj, elektron ışın buharlaşması ve (3D doğrudan lazer yazma gibi) son gelişmeler özetlemiştir.	Mikro/nanorobotların tasarlanması ve inşasına yönelik bir adım olarak, çeşitli yaygın üretim teknikleri kısaca tanıtılmaktadır ve üç ana mekanizma verilmektedir.	Model Geliştirme	Elektronik Endüstrisi	Nano robotların hareket mekanizması	Salınımlı manyetik alanlar tarafından yönlendirilen farklı mikro/nanorobotların yeteneklerini karşılaştırmıştır.
112	Aissa v.d. (2019)	Thermal transport in graphene field-effect transistors with ultrashort channel length	Termal taşınım özelliklerinin iyileştirilmesi ve termal yönetim sistemlerinin optimizasyonu üzerine odaklanılmaktadır.	Termal taşınım mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına ve termal yönetim stratejilerinin geliştirilmesine yönelik yeni bulguların ve metodolojilerin verilmesidir.	Deney ve Modelleme	Elektronik Endüstrisi	Üretimdeki ısı sorunu	Yeni malzemelerin geliştirilmesi, termal arayüz malzemelerinin optimizasyonu ve cihaz tasarımının termal yükler göz önünde bulundurularak yapılması önerilmiştir.
113	Chen v.d. (2019)	Nanomanufacturing of graphene nanosheets through nano-hole opening and closing	Malzeme sentezi ve cihaz işleme gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılan yüksek sıcaklık ısıtıcılarını geliştirmektedir.	Nano üretimin zamanını ve yerleştirilmesi gibi parametrelerin hassas bir şekilde kontrol edilmesini vurgular	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Kalın parça üretimindeki zorluklar	3D ısıtma alanlarının tasarımı ile termal verimlilik artırılarak ısı dengesi yaratılabilir

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
114	Farrell v.d. (2019)	Corporate Responsibility: A Green Initiative to Reduce Chlorobenzene Based Chemistries in Semiconductor Processing	Sürdürülebilirlik hususlarıyla nano üretimdeki uygulamalar için daha yeşil alternatif polimer dirençli solventlere geçiş sırasında işleme hususlarını sunmaktadır.	Nano üretim uygulamaları için sürdürülebilirlik göz önünde bulundurularak çevresel etkinin azaltılmasına yönelik önemli bir katkı sunmaktadır.	Süreç Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Toksik kimyasalların kullanımı ve riskleri	Toksik kimyasalları azaltma veya kaldırma çabasının, işleme ve imalatla ilgili faaliyetlerin çevresel etkisini en aza indirme, çalışma ortamı güvenliğini artırma ve atık yönetimi maliyetlerini azaltma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamaktadır.
115	Geng v.d. (2019)	Ultrafast multi-focus 3-D nano-fabrication based on two-photon polymerization	İki-foton polimerizasyonu (TPP) dayalı ultra hızlı çoklu odak 3B nano-fabrikasyon sürecini sunmaktadır.	Yüksek çözünürlüklü ve yüksek tekrarlanabilirlikte TPP fabrikasyonunu gerçekleştiren, rastgele erişimli DMD tarayıcısına dayalı bir nano-fabrikasyon platformunun verilmesidir.	Model Geliştirme	Optik Endüstrisi	Yüksek işletme maliyeti ve sınırlı üretim hızı	Yüksek çözünürlüklü ve yüksek hızlı bir 3B yazdırma süreci gerekliliği önerilir
116	Raman v.d. (2019)	Challenges in representing manufacturing processes for systematic sustainability assessments: workshop on June 21, 2018	Üretim süreçlerinin karakterizasyonunu destekleyen araştırma ihtiyaçlarını belirlemek, ilişkili eğitim pratiklerindeki sınırlılıkları tanımlamak ve ileri imalat araştırma topluluğu tarafından takip edilmesi gereken zorlukları vurgulamaktır.	Mühendislik eğitiminin iyileştirilmesi, süreçlerin anlaşılması ve yeni malzemeler ile imalat süreçlerinin enerji ve çevresel etkileri üzerindeki etkisi gibi konulara odaklanarak, imalat sistemlerinin tasarımında optimizasyon ve karar verme yaklaşımlarına ilişkin bulguları raporlamaktadır	Rapor	Mekanik Mühendisliği	Enerji ve çevresel etkiler	Zorlukların üstesinden gelmek için, araştırma topluluğuna rehberlik edecek ve ileri imalat endüstrisindeki kritik metrikler, yöntemler ve araçlar üzerine odaklanacak bulguları sunmaktadır.
117	Surjadi v.d. (2019)	Mechanical Metamaterials and Their Engineering Applications	Mekanik metamalzemelerin tasarımı ve üretimi için hesaplamalı yöntemlerin kullanımını ve bu malzemelerin çeşitli mühendislik uygulamalarındaki potansiyellerini inceler.	Mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi ve çok fonksiyonlu özellikler sunması açısından mekanik metamalzemelerin önemine vurgu yapılır.	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Malzemelerin sınıflandırılması ve kategorizasyonu sorunu	Mekanik metamalzemelerin tasarımı, üretimi ve karakterizasyonu önemi üzerine yoğunlaşır.
118	Diaz-Elsayed v.d. (2020)	Sustainable and Resilient Manufacturing for the Post-COVID-19 Era	COVID-19 pandemisi sonrası dönemde imalat sektörünün verimliliğini, sürdürülebilirliğini ve direncini artırmak için tedarik zinciri, imalat sistemleri ve nanometre ölçeğindeki imalat süreçleriyle ilgili düşünceler sunmaktadır.	COVID-19 sonrası imalat sektörünü güçlendirmek için kapsamlı stratejiler önererek, tedarik zinciri, imalat sistemleri ve nanoskala imalat süreçlerine yönelik yenilikçi çözümler sunmaktadır.	Literatür İncelemesi	Çeşitli Sektörler	Çevresel sorunlar	COVID-19 sonrası dönemde imalat sektörünün verimliliğini, sürdürülebilirliğini ve direncini artırmak için tedarik zinciri optimizasyonu, esnek imalat sistemleri geliştirilmesi ve nanometre ölçeğinde imalat süreçlerinin yenilikçi yöntemlerle iyileştirilmesi gibi stratejik önerilerde bulunmaktadır.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
119	Goel v.d. (2020)	Horizons of modern molecular dynamics simulation in digitalized solid freeform fabrication with advanced materials	Dijitalleşme ve Endüstri-4.0 yolculuğunda ilerlerken SFF hassas alanına özgü hesaplama avantajındaki en son gelişmeleri vurgular.	Moleküler dinamik gibi tekniklere dayanan en yeni malzeme modelleme yaklaşımlarının uygulanmasının, uygulamalı hassas üretim tekniklerinde çığır açıcı gelişmeler sağladığını göstermektedir.	Literatür İncelemesi	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Bir üretim problemine değinilmemiştir.	Yeni malzeme modelleme uygulamalarının yapılması
120	Haghanifar v.d. (2020)	Challenges and Prospects of Bio-Inspired and Multifunctional Transparent Substrates and Barrier Layers for Optoelectronics	Makalenin amacı, biyo-ilham alınan ve çok işlevli saydam alt tabakalar ile bariyer katmanlarının optoelektronik cihazlar için tasarımı ve üretimi üzerine araştırma ilerlemesini özetlemektir.	Mikro/nano üretim süreçlerindeki ilerlemeler ve biyo-ilhamın, optoelektronik alt tabakalar ve bariyer katmanlarında çeşitli işlevlerin yaratılmasını sağlayan mikro/nano yapıların tasarımı ve üretimi konusundaki araştırma ilerlemesinin özetlenmesidir.	Literatür İncelemesi	Elektronik Endüstrisi	Üretim sırasındaki esneklik problemi	Gelecekteki araştırmalar ve geliştirmeler için çeşitli optoelektronik cihazlar gibi dokunmatik paneller, güneş modülleri, ekranlar ve mobil cihazlar için saydam alt tabakalar ve bariyer katmanlarının tasarım ve üretiminde biyo-ilham alınan mikro/nano yapıların kullanımının önemini vurgular.
121	Hasani-Sadrabadi v.d. (2020)	Augmenting T-cell responses to tumors by in situ nanomanufacturing	Sistemik toksisiteyi önlemek için immün tedavilerin yerel olarak sentezlenmesi için yenilikçi bir yaklaşım geliştirmek.	İmmün tedavilerin sistemik yan etkilerini önleyerek kanser tedavisinde yeni bir yol sunar.	Model Geliştirme	Sağlık	Sistemik toksidite	Bu teknolojinin farklı kanser türlerinde ve immün tedavilerde uygulanabilirliğini test etmek için daha geniş kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır.
122	Kotnala, v.d. (2020)	Opto-thermoelectric speckle tweezers	Opto-termoelektrik cımbızların (OTEST) nanoparçacıkların optik tuzaklama ve manipülasyonu için yeni bir paradigim sunmasıdır.	Speckle alanı kullanarak birden fazla parçacığı geniş alanlarda tuzaklayabilen opto-termoelektrik speckle cımbızlarının verilmesidir.	Deney ve Modelleme	Optik Endüstrisi	Düşük verimlilik	Optik manipülasyon tekniklerinin ve uygulamalarının geliştirilmesi
123	Lignos v.d. (2020)	Continuous Multistage Synthesis and Functionalization of Sub-100 nm Silica Nanoparticles in 3D-Printed Continuous Stirred-Tank Reactor Cascades	100 nm'den küçük silika nanopartikülleri (SiO ₂ NPs) sürekli üretim ve işlevselleştirilmesine yönelik kontrollü ve sürekli bir platform sunmaktır.	Fonksiyonelleştirilmiş nanopartiküllerin sürekli üretimi için bir platformun ilk defa verilmesidir. Bu platform, malzeme sentezi için akış reaktörlerinin kullanım alanını genişletir ve nanopartikül özelliklerinin kontrollü bir şekilde ayarlanmasına olanak tanır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Sürelerin iyi ayarlanamaması hassasiyet sorununu ortaya çıkarır	Karmaşık nano yapıların zaman ve maliyet açısından etkin bir şekilde büyük ölçekte üretilmesine olanak sağlayan güvenlik önlemlerin alınması gerekir
124	Raman v.d. (2020)	Defining Near-Term to Long-Term Research Opportunities to Advance Metrics, Models, and Methods for Smart and Sustainable Manufacturing	Gelişmiş imalat araştırmalarının gelecekteki çabalarını odaklamak nano üretim ve hibrit üretim süreçleri ve sistemlerine kadar farklı imalat metrikleri, modelleri ve yöntemlerini tanıtmaktır.	Sürdürülebilir imalatın performansını iyileştirmeye yönelik potansiyellerin verilmesi	Literatür İncelemesi	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Performansın ölçülmesi	Gelişmiş üretim topluluğunun akıllı ve sürdürülebilir üretimi mümkün kılmak için kısa, orta ve uzun vadeli ihtiyaçlarını tanımlamaktadır.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
125	Wang v.d. (2020)	Continuous Synthesis of Hollow High-Entropy Nanoparticles for Energy and Catalysis Applications	Enerji ve kataliz uygulamaları için yüksek verimli ve maliyet-etkin katalizörlerin sentezinde vaat edici bir strateji olarak kabuklu yapıdaki çok metalik elementlerin karışımını sağlamaktadır.	Daha önce üç elementi aşmayan metal bazlı kabuklu nanopartiküller üzerine yapılan çalışmalara kıyasla, morfoloji kontrolünü zorlaştıran sert alaşım koşulları altında, çok metalik kabuklu nanopartiküllerin sentezini gerçekleştiren bir yöntem sunmasıdır.	Model Geliştirme	Enerji Endüstrisi	Yüksek verimli ve maliyet-etkin katalizörlerin üretimi ve kontrol zorluğu	Kabuklu HEA nanomalzemelerin geniş enerji ve kataliz uygulamalarında kullanılması için büyük ölçekli üretiminin potansiyeline işaret eder, bu kullanım sonucunda verimlilik artar ve maliyet düşer.
126	Wu v.d. (2020)	Electrophoresis-Based Adaptive Manipulation of Nanowires in Fluid Suspension	Nanotellerin hassas çevrimiçi kontrolü için elektroforez bazlı uyarlabilir bir manipülasyon şeması önermektedir. Temel amaç, nano ölçekli nesnelerin otomatik, son derece hassas çevrimiçi manipülasyonunu sağlamaktır	Her bir nanotelin hareketliliğinin karmaşık karakterizasyonuna ihtiyaç duymadan, nanotel manipülasyonunun verimliliğini ve doğruluğunu önemli ölçüde artıran, elektrik alanına dayalı uyarlabilir bir manipülasyon yaklaşımı sunar.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Yapısal öngörülemezlikler	Uyarlanabilir manipülasyon şemasının nano üretim süreçlerinde geniş çapta uygulanma potansiyelini öne sürüyor ve önceden ayrıntılı mobilite karakterizasyonu gerekmeden nanotelleri verimli ve hassas bir şekilde manipüle etmenin bir yolunu sağlamaktadır.
127	De Ipiña v.d. (2021a)	The OASIS-Sustainable Nanomanufacturing Framework (OASIS-SNF): a new simplified approach to implement sustainable production in nanomanufacturing pilot lines and evaluate its sustainable manufacturing performance	OASIS- Sürdürülebilir Nano Üretim Çerçevesi (OASIS-SNF) adında yeni ve basitleştirilmiş bir yaklaşımı tanıtarak nano üretim pilot hatlarında sürdürülebilir üretimi uygulamak ve sürdürülebilir üretim performansını değerlendirmektedir.	Nano üretim pilot hatlarında sürdürülebilir üretimin uygulanması ve değerlendirilmesi için yeni bir konsept çerçevesi sunar. Bu çalışma, nanoteknoloji alanında sürdürülebilir üretim kavramını uygulayarak, daha verimli ve sürdürülebilir nano-üretim süreçlerinin geliştirilmesine ve daha güvenli ve sürdürülebilir nanomalzemeler ile nano-ürünlerin üretilmesine katkıda bulunmuştur.	Uygulama	Çeşitli Sektörler	Nano üretimde sürdürülebilir uygulamaların yönetim zorlukları, sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlar	Nano üretim süreçlerinde sürdürülebilirlik uygulamalarının yönetimi ve sonuçlarının iyileştirilmesine yönelik spesifik eylemler ve stratejiler geliştirilmelidir
128	De Ipiña v.d. (2021b)	Digital Twins applied to the implementation of Safe-by-Design strategies in nano-processes for the reduction of airborne emission and occupational exposure to nano-forms	Nano prosesler SbD (tasarım yoluyla güvenlik alanında DT (dijital ikizler) kavramını tanıtmaktadır.	ASINA tarafından tek bir endüstriyel senaryoda geliştirilip uygulanacak olan ASINA-DT'nin ön mimarisini özetlemektedir.	Model Geliştirme	Enerji Endüstrisi	Çalışanların hava kaynaklı emisyonlara maruz kalması	Tutarlı, uygulanabilir ve bilimsel açıdan sağlam SbD nano uygulamalarını teşvik etmektedir.
129	Furxhi v.d. (2021)	Data Shepherding in Nanotechnology. The Exposure Field Campaign Template	Nanoteknoloji alanındaki veri yönetimini iyileştirmek ve nano üretim süreçlerinde saha izleme verilerini yakalamak için pratik bir yaklaşım geliştirerek bir şablon oluşturmaktadır.	Nano informatik akışında veri bütünlüğü ve kalitesine odaklanan ve veri yönetim sürecinde yeni bir rol olan 'veri çobanları'nın tanıtılmasını içermektedir. Makale, birden fazla paydaşla iç iletişimin zorluklarını ve disiplinler arası bir veri genel bakış anlayışının gerekliliğini açığa çıkarır	Anket& Şablon Tasarım	Çeşitli Sektörler	Nano üretim süreç verilerinin elde edilmesi ve yönetilmesi sorunu	Veri ve metaveri yönetimi konusunda pratik bilgi ile bilimsel paradigmayı zenginleştirir

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
130	Guan v.d. (2021)	Assembly and Interconnection of Nanowires Braze Structure Based on Nanomanipulation	Taramalı elektron mikroskobu (SEM) tabanlı nanomanipülasyon platformu kullanarak, nanotel ve nanolehim arasındaki bağlantıların yerinde montajını ve lehimlenmesini sağlayarak nanotellerin etkili bir şekilde birleştirilmesi için yeni bir yöntem geliştirmektedir.	Nanotellerin ve nanolehimlerin montajı ve lehimlenmesi süreçlerini bütünlük bir şekilde yerinde gerçekleştirerek, nanotel birleştirme ve lehimleme işlemlerinde elektron ışını kullanımının güvenilirliğini doğrulayan ve elektriksel performans testlerini de içeren, yüksek başarı oranına sahip esnek bir yöntem sunarak literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır.	Metodoloji Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Nano lehimlerin gelişimini sınırlayan nano lehimleme yerinin belirlenmesi ve taşınması sorunu	Bu çalışmanın gelecekteki homojen ve heterojen nanotel lehim bağlantıları ve uygulamaları için önemli bir referans olması önerilmektedir.
131	Henry ve Fedorov (2021)	Adaptive simulations enable computational design of electron beam processing of nanomaterials with supersonic micro-jet precursor	Odaklanmış elektron ışını (FEBIP) kullanılarak nanomalzemelerin doğrudan yazımı için süpersonik mikro-jet öncül maddesiyle elektron ışını işlemlerinin hesaplamalı tasarımını sağlayacak adaptif simülasyonlar geliştirmektedir.	Mikro-jet-FEBIP için güçlü bir CAD aracı oluşturmak üzere in silico tasarım ve optimal işletim olanağını sağlayacak tamamlayıcı deneysel verilerle birleştirilmiş ilk prensip simülasyonları aracılığıyla adaptif DSMC'nin kullanımını sağlamasıdır.	Model Geliştirme	Elektronik Endüstrisi	Kontrol zorluğu	Temel simülasyonun deneysel verilerle desteklenmesi gerekliliği
132	Sitapure v.d. (2021)	Multiscale modeling and optimal operation of millifluidic synthesis of perovskite quantum dots: Towards size-controlled continuous manufacturing	Perovskite kuantum noktalarının (QDs) boyut kontrollü sürekli üretimi için millifluidik sentezin çok ölçekli modellemesi ve optimal işletimini sunmaktadır.	Sürekli akış üretimi için koloidal perovskite QDs'nin çok ölçekli bir modelini önermesi ve bu modelin, bir tıkama-akış kristalizörü (PFC) kullanılarak yüksek kaliteli perovskite QDs'nin kontrollü ve güvenilir nanoüretimine doğru bir adım atılmasını sağlamasıdır.	Model Geliştirme	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Üretim sırasındaki kütle ve ısı transferi sınırlamaları	PFC'nin sürekli olarak işletilmesi ve optimal olarak kontrol edilmesi
133	Almakayeel v.d. (2022)	Smart Agent System for Cyber Nano-Manufacturing in Industry 4.0	Dijital tasarımı, uygun nano/mikro-üretim sürecini tahmin etmek için çeşitli yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımlarını birleştirerek gerçek zamanlı olarak siber nanomanufacturing için benzersiz bir çerçeve sağlamaktadır.	Siber fiziksel sistemler (CPS) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) kullanılarak nano/mikro-üretim süreçlerinin otomasyonu üzerine entegrasyonu	Uygulama	Bilgisayar Mühendisliği	Nanomalzemelere dijital tasarıma uygun süreçleri entegre etmek	ANN tabanlı uzman sistemi ve Siber Arayüz Simülasyonunu
134	Doddapaneni v.d. (2022)	Transformation, reaction and organization of functional nanostructures using solution-based microreactor-assisted nanomaterial deposition for solar photovoltaics	Güneş fotovoltaikleri için nano yapılandırılmış malzemeleri sentezlemek, birleştirmek, dönüştürmek ve yatırmak için sürekli akış mikroreaktörlerinin uygulamasını vurgulamak	Endüstriyel ölçekte MAND (Microreactor-Assisted Nanomaterial Deposition) kullanılarak güneş modüllerine anti-yansıtıcı ve anti-kirlenme kaplamaların uygulanmasını ve MAND reaktörlerinin gelecekteki görünümünü	Tartışma	Malzeme Bilimi ve Mühendisliği	Nanomalzemenin sentezlenmesi	Anti-yansıtıcı ve anti-kirlenme kaplamalarının oluşturulması

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
135	Kim v.d. (2022)	Soft Wireless Bioelectronics Designed for Real-Time, Continuous Health Monitoring of Farmworkers	Küresel ısınmanın yol açtığı daha sıcak yazlar ve artan iş yükü ve süresinin çiftlik işçilerinin sağlığını tehlikeye atmasının üstesinden gelmek için tasarlanmış bir çözüm sunmaktır.	Isı ile ilgili hastalıkların önlenmesi ve çiftlik işçilerinin sağlığının korunmasına yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunmasıdır. Kablosuz, giyilebilir bir biyo-elektronik sistem kullanarak, çiftlik işçilerinin gerçek zamanlı ve sürekli sağlık izlemesini sağlayarak, özellikle yüksek risk altındaki bu nüfus için önemli bir ilerleme sunmaktadır.	Model Geliştirme	Tarım	Küresel ısınma ve artan iş yükünün çiftlik işçilerinin sağlığını tehlikeye atması, sensörlerin uygulanmasındaki zorluklar	Kablosuz biyo-elektronik sistemlerin daha geniş kabulünü ve tarım sektöründe sağlık izleme pratiklerinin iyileştirilmesini içermektedir. Ayrıca, benzer sağlık tehditleriyle karşı karşıya olan diğer yüksek riskli iş grupları için de potansiyel uygulamalar sunmaktadır.
136	Kalaiselvi v.d. (2022)	Wafer scale manufacturing of high precision micro-optical components through X-ray lithography yielding 1800 Gray Levels in a fingertip sized chip	Yüksek hassasiyetli mikro-optik bileşenlerin X-ışını litografisi kullanılarak 1800 Gri Seviyesi elde edilerek üretilmesi için yenilikçi bir yöntem sunmaktadır.	1800 Gri Seviyesi üretimi sağlayan ve bu ölçekteki mikro-optik bileşenlerin ölçeklenebilir üretimine olanak tanıyan X-ışını litografisi tabanlı bir mikro üretim metodolojisinin tanıtılmasıdır.	Model Geliştirme	Optik Endüstrisi	Yüksek maliyet ve üretim karmaşıklığı	X-ışın litografi üretim tekniği ile ölçeklenebilir üretim yapılabilir.
137	Moniz ve Krings (2022)	Manufacturing Life in Real Work Processes? New Manufacturing Environments with Micro- and Nanorobotics	Üretim ve çalışma yaşamının İnsan-makine etkileşiminin (HMI) sınırlarını zorlayıp zorlamadığı ve üretimdeki yeni çalışma metodlarına odaklanır	Üretimde yeni çalışma ortamlarının durumu üzerine yapılan bu çalışma teknolojilerin yenilik için vazgeçilmez olduğunu savunur.	Araştırma	Çeşitli sektörleri kapsar	HMI sınırları	Yeni sosyo-teknik HMI'ların iş organizasyonu üzerinde etkisi olabilecek yeni çalışma ortamlarının gelişimine katkı sağlayabilir.
138	Sharma v.d. (2022)	Additive Manufacturing in Industry 4.0:Methods, Techniques, Modeling and Nano Aspects	Endüstri 4.0'da katmanlı imalatın sürdürülebilir kalkınma yönlerini tartışır. Mikro işleme için elektrokimyasal işleme süreçlerini inceler.	Elektrokimyasal işleme ve manyetik aşındırıcı akışlı işleme gibi hibrit yaklaşımları kapsar Kitap, bilgisayar arayüzünün dijital üretim süreciyle ilişkilendirilmesini ve bunların Solid-Edge, ProE ve CATIA gibi ticari olarak temin edilebilen yazılımlar kullanılarak gösterilmesini vurgulamaktadır.	Model Geliştirme	Çeşitli sektörleri kapsar	Bir probleme üretim değinilmemiştir	Dijital üretimin, gelişmiş kompozitlerin, yapay zekanın ve modern üretim süreçlerindeki önemi vurgulanır ve önerilir
139	Walter v.d. (2022)	Near-field radiative heat transfer between irregularly shaped dielectric particles modeled with the discrete system Green's function method	Düzensiz şekilli dielektrik parçacıkları arasındaki yakın alan radyatif ısı transferini (NFRHT), yeni bir sayısal yöntem olan ayrık sistem Green fonksiyonu (DSGF) yaklaşımını kullanarak modellemek ve analiz etmektir	Düzensiz şekilli dielektrik parçacıkları arasındaki NFRHT modelleyen ayrık sistem Green fonksiyonu (DSGF) yöntemini geliştirerek, geometrik düzensizliklerin NFRHT üzerindeki etkilerini ilk kez detaylı bir şekilde analiz etmiş ve literatüre önemli bir katkıda bulunmuştur	Model Geliştirme	Elektronik Endüstrisi	Düzensiz şekilli parçacıklar	Bu çalışma, mikro/nano ölçekli cihazlarda dielektrik parçacıklarından oluşan sistemlerin termal yönetiminde, gerçek üretilmiş parçacıklardaki geometrik kusurların termal taşınımı önemli ölçüde etkileyebileceğini ve dikkatle modellenmesi gerektiğini önermektedir

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
140	Banerjee v.d. (2023)	Laser-induced graphene supercapacitors on flex substrates for package-integrated power supply	Giyilebilir medikal ve IoT cihazları gibi hafif ve miniaturize edilmiş cihazların işleyişi için kritik bir rol oynayan, entegre güç kaynaklarını geliştirmektedir.	Düşük empedanslı güç teslimatı sağlayan ve daha yüksek güç yoğunluklarına ulaşan, monte edilebilen güç kaynaklarının oluşturulması	Model Geliştirme	Elektronik Endüstrisi	İhtiyacı duyulan elektronik cihazların geliştirilmesi	Yüksek kapasite yoğunluğu ve daha düşük güç teslim empedansı elde etmek
141	Luo v.d. (2023)	Additive, subtractive and formative manufacturing of glass-based functional micro/nanostructures: A comprehensive review	En geniş cam madde formlarını kullanarak fonksiyonel nanoyapıların üretimini kapsayan son teknoloji ürünü bir inceleme sunmaktadır.	Cam bazlı fonksiyonel nano yapıların uygulamasındaki hassasiyet ve verimli üretimi için stratejilere yönelik bir kılavuz sunuyor olmasıdır.	Literatür İncelemesi	Optik Endüstrisi	Cam mikro nano üretim tekniklerinin çözünürlük, kalite vb alanlardaki mevcut zorlukları	Çeşitli işleme stratejilerine yer verilmiştir.
142	Marquardt v.d. (2023)	Development of a Database for the Management and Use of Available Resources in the Field of Sustainable Nanomanufacturing	Sürdürülebilir nanofabrikasyonla ilgili tüm konuları kapsayacak şekilde, bilgi toplamak, saklamak, uzmanlarca düzenlemek ve erişim sağlamak için dijital bir platform olarak NanoFabNet veritabanını geliştirmektedir.	Sürdürülebilir nanofabrikasyon alanındaki bilgi parçalanmışlığını gidermek ve çeşitli disiplinler arası topluluklar arasında bağlantı kurarak nanoteknoloji ürünlerinin piyasaya sürülmesini kolaylaştıran bir dijital platformun geliştirilmesiyle literatüre katkıda bulunur.	Araştırma	Çeşitli sektörleri kapsar	Malzeme toksikolojisi, risk değerlendirmesi, ekonomik zorluklar	Sürdürülebilir nanofabrikasyon konularında bilgi toplayan, saklayan, uzmanlarca düzenleyen ve erişilebilir kılan bir dijital platformun geliştirilmesini önermektedir.
143	Mendizábal v.d. (2023)	Enhanced internal condensation of r1233zd(E) on micro- and nanostructured copper and aluminum surfaces	Hidroflorokarbon soğutucu akışkanının mikro ve nano yapılandırılmış bakır ve alüminyum yüzeyler üzerindeki iç yoğunlaşmasını artırmaktadır.	İç yoğunlaşma ısı transfer katsayısını artırmaya odaklanır	Araştırma	Soğutma endüstrisi	Nano malzemenin oksitlenmesi	Daha verimli soğutma teknolojileri geliştirmeye ve bu teknolojilerin ölçeklenebilir üretimini desteklemeye yöneliktir.
144	Rodríguez-Gómez, v.d. (2023)	Classification system for nanotechnology-enabled health products with both scientific and regulatory application	Hem bilimsel hem de düzenleyici uygulamalar için nanoteknoloji destekli sağlık ürünleri (NHP'ler) için yeni bir sınıflandırma sistemi önermektedir.	Bilimsel ve düzenleyici ilkeleri birleştiren ve ana hareket modu, kimyasal bileşim, tıbbi amaç ve nanomanüfaktür yaklaşımı gibi kriterlere dayanan NHP'ler için önerilen bu sınıflandırma sistemini tanıtmaktadır.	Analiz	Sağlık	Kalite ve güvenlik sorunu	NHP'lerin geliştirilmesi ve düzenleyici onayının kolaylaştırılması için düzenleyici bilim ve teknolojik ilerlemenin birlikte ilerlemesi gerektiğini vurgular. Önerilen sınıflandırma sistemi, bu alanda mevcut boşlukları belirlemeye ve gelecekteki düzenleyici ihtiyaçları öngörmeye yardımcı olabilir.

No	Yazarlar	Makale Başlığı	Çalışmanın Amacı	Literatüre Katkısı	Yöntem	Sektör	Ele Alınan Üretim Problemi	Öneriler
145	Zhang v.d. (2023)	A stretchable slippery surface fabricated by femtosecond laser direct writing	Esnek elektronik cihazların yüzey koşullarının doğruluğunu etkileyebileceği için, femtosaniye lazer kullanarak tek adımda ön gerilimli polidimetilsiloksan üzerine birleşik gözenekli yapılar hazırlayıp, gerilme koşulları altında ve yüzlerce germe döngüsünden sonra kaygan performansını koruyan, mükemmel kendini temizleme, stabilite ve kendini iyileştirme özelliklerine sahip kaygan bir yüzey geliştirmektedir.	Esnek elektronik cihazların uzun vadeli doğru çalışmasını sağlamak amacıyla, femtosaniye lazer doğrudan yazma yöntemiyle hazırlanan, gerilme durumlarına ve çok sayıda germe döngüsüne dayanıklı, mükemmel kendini temizleyebilen ve kimyasal stabiliteye sahip gerilebilir kaygan yüzeyle, mikro-nano üretim yöntemleri literatürüne önemli bir yenilik katmaktadır.	Metodoloji Geliştirme	Elektronik Endüstrisi	Kaygan yüzey, gözenekli yapılar	Esnek elektronik cihazlarda yüzey stabilitesi gereksinimlerini karşılamak için, femtosaniye lazer kullanılarak tek adımda hazırlanan, mükemmel kendini temizleyebilen ve kimyasal stabil özelliklere sahip, gerilme koşullarına dayanıklı kaygan bir yüzey önermektedir.
146	Zhou v.d. (2023)	Toward three-dimensional DNA industrial nanorobots	Üç boyutlu endüstriyel nanorobotlar geliştirmeye yönelik ilerlemeyi sunmaktadır.	DNA temelli nanorobotların, belirli sıra değişiklikleriyle programlanarak farklı yapılar üretebileceğini ve UV ışığına maruz kaldıklarında bu yapıları kalıcı olarak birleştirebileceğini göstermektedir.	Tartışma	Elektronik Endüstrisi	Nano malzemelerdeki hassasiyet, ek olarak verimlilik ve süreç kontrolü	Nanorobot sistemlerinin daha da geliştirilmesi ve çeşitli malzemelerin üretiminde kullanılmasına yönelik biyomedikal uygulamalar geliştirilmesidir.
147	Wang v.d. (2024)	Visual Biosensing with Specific Liquid-Based Interface Behaviors	Biyomoleküller tarafından mikro/nano veya daha küçük ölçeklerde tetiklenen özgül sıvı-tabanlı arayüz davranışlarına dayanan görsel biyosensörlerin geliştirilmesidir	Spesifik sıvı-tabanlı arayüz davranışlarına dayalı görsel biyosensörleme teknolojisinin, hastalıkların erken taraması ve zamanında salgın önlemesi için uygun maliyetli ve hızlı biyosensör teknolojilerinin geliştirilmesinin önemini vurgular	Araştırma	Biyo Endüstri	Kimyasal reaksiyonların riski	Moleküler etkileşimler ile sıvı-tabanlı arayüz davranışları arasındaki ince ilişkileri keşfetmeyi, arayüz etrafındaki moleküler davranışı daha iyi manipüle etmeyi ve gelişmiş biyosensör sistemleri geliştirmek için daha derin temel bir anlayış sağlamayı önerir
148	Beril Aydın (2024)	Nano Üretim Kavramının Üretim Yönetimi Alanında Bibliyometrik ve Sistematik Analizi	Nano üretim kavramının ve üretim yönetimi ile ilişkili mevcut çalışmaları bibliyometrik ve sistematik analiz yöntemlerinden yararlanarak incelemektedir.	Nano üretim ile ilgili mevcut çalışmaları ve ele alınan üretim problemlerini değerlendirerek gelecek çalışmalar için temel oluşturmaktadır.	Analiz	Üretim Yönetimi	Mevcut çalışmalarda üretim problemleri 3 kategoride incelenmiştir.	Disiplinler arası iş birliğine teşvik, eğitim ve farkındalık artırma programlarının oluşturulması, nano üretim problemlerinin çözümüne odaklanması, farklı veri tabanlarının kullanılması önerilmektedir.

4.5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yürütülen nano üretim kavramı kapsamındaki bibliyometrik çalışma sonucunda elde edilen bulgular iki başlıkta tanımlanıp değerlendirilmiştir. İki ana başlıktan ilki performans analizine dayalı incelenen konunun yayın sayısı, yıllara göre ağırlıklandırılması ve yazarlar/ülkeler gibi nano üretim ile ilgili literatürdeki tüm makaleleri tanımlar niteliktedir. İkinci başlık ise; bilimsel haritalama analizine dayalı ana kavram olan nano üretime ek ara anahtar kelimeler ile oluşturulan araştırmanın görsel haritalama analizi yönetimi ile detaylandırılması ve görselleştirilmesi üzerinedir. Son olarak sistematik analizine dayalı bulgular da değerlendirilerek tartışma alanında belirtilmiştir.

4.5.1. Bibliyometrik Analiz Bulguları

Bu bölümde bulgular iki ana başlıkta toplanmıştır. Wos ve Scopus'tan elde edilen çalışmalar için öncelikle yazar, dergi, ülke, kurum parametreleri ile elde edilen performans analizi bulguları, sonrasında ise görsel ağ haritaları ile zenginleştirilmiş bilimsel haritalama analiz bulguları incelenmiştir.

4.5.1.1. Performans Analizi Bulguları

Bibliyometrik Analiz yöntemlerinden biri olan performans analizi, araştırma alanındaki bilimsel araştırmaların yazar, dergi, ülke, üniversite bakımından yayın ve atıf performanslarının ölçülmesidir (Van Raan, 2014). Bu bölümde WoS ve Scopus veri tabanlarından elde edilen çalışmaların performans analiz bulguları değerlendirilecektir.

Bibliyometrik analiz yöntemlerinden biri olan haritalama analizinin yapılabilmesi için Vosviewer programının veriye erişim sağlayabileceği veri tabanları WoS ve Scopus'tur. Analizin uluslararası ve daha kapsamlı yapılabilmesi için tarama İngilizce anahtar kelimelerle yapılmıştır.

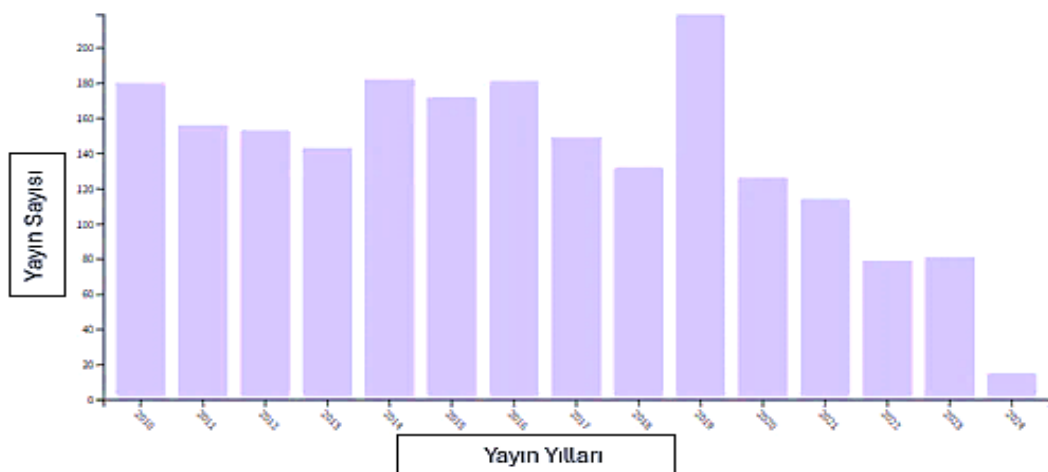
İlk olarak arama ana konu üzerinden ‘nano üretim’ terimi ile yapılmıştır. WoS veri tabanında herhangi bir filtreleme yapılmaksızın bu anahtar kelime ile çıkan yayın sayısı 2.577’dir. Scopus veri tabanında ise herhangi bir filtreleme yapılmaksızın bu anahtar kelime ile çıkan yayın sayısı 1.550’dir. İki veri tabanındaki aynı ve farklı yayınları tespit etmek için kullanılacak bir program yoktur fakat manuel bir kontrolle yayınların bir kısmının aynı olduğu gözlemlenmiştir.

4.5.1.1.1. Yayın Yıllarına Göre WoS ve Scopus Dağılımları

Wos ve Scopus veri tabanlarından elde edilen veri setine performans analizi yapıldığında en çok yayın yapılan yıllara ulaşılmıştır. Çalışmaların yılları incelendiğinde en çok yayın yapılan yıllar ile nanoteknoloji- nano üretim gelişmeleri arasında ilişki kurulabilmektedir.

WoS Yayın Sayısının Yayın Yıllarına Göre Dağılımı: WoS veri tabanından ‘nano üretim’ anahtar kelimesi ile yapılan taramada çıkan 2.577 yayının yıllara göre dağılımı incelendiğinde, Tablo 10’da nano üretim alanındaki akademik çalışmaların 2010 yılından 2022 yılına kadar her yıl 100 üzerinde olduğu saptanmıştır.

Tablo 10. WoS Yayınlarının, Yayın Sayısının Yayın Yıllarına Göre Dağılım (WoS, 2024)

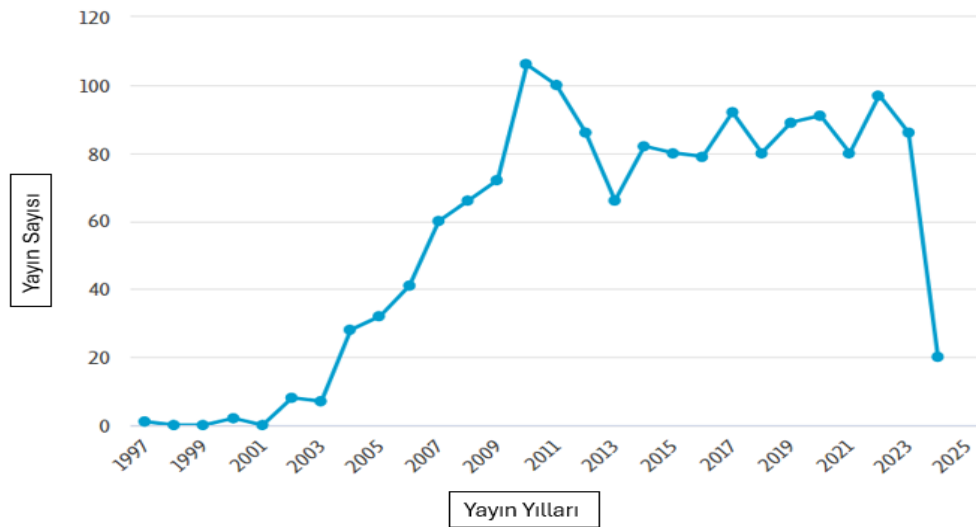


Tablo 10 değerlendirildiğinde, en çok yayının 219 yayın ile 2019 yılında ortaya çıktığı saptanmıştır.

Scopus Yayın Sayısının Yayın Yıllarına Göre Dağılımı: Scopus veri tabanından ‘nano üretim’ anahtar kelimesi ile filtreleme yapılmadan tarama yapıldığında 12.586 çalışmaya ulaşılmaktadır. Veri setindeki çalışmaların sayısını indirgemek ve daha anlamlı verilere ulaşabilmek adına “başlık, özet ve anahtar kelimeler” filtrelemesi yapılarak ortaya çıkan taramada 1.550 çalışmaya ulaşılmıştır. Scopus veri tabanındaki çalışmaların yayının yıllara göre dağılımı değerlendirildiğinde, bu alandaki akademik çalışmaların 1997 yılında yapılmaya başlandığı gözlemlenmektedir. Nano kavramının ilk ortaya çıkışı 1950’li yılların başında olduğu için bu kavramın üretim ile ilgili bakış açısının yaklaşık 45 yıllık bir sürede çalışılmamış olduğunu bizlere göstermektedir.

Tablo 11’de belirtildiği üzere yayın trendinin pik yaptığı yıl, 106 yayın sayısı ile 2010 yılıdır. 2010 yılını takiben 3 yıl içinde yayın sayısında bir düşüş gözlemlenmiş olsa da genel olarak 26 yıl içerisinde yayın sayısı trendinde artış gözlemlenmektedir. Artış trendi de nano üretim kavramının son 25 yılda akademik çalışmalarda artışı olduğunu göstermektedir.

Tablo 11. Scopus Yayınlarının, Yayın Sayısının Yayın Yıllarına Göre Dağılımı (*Scopus, 2024*)

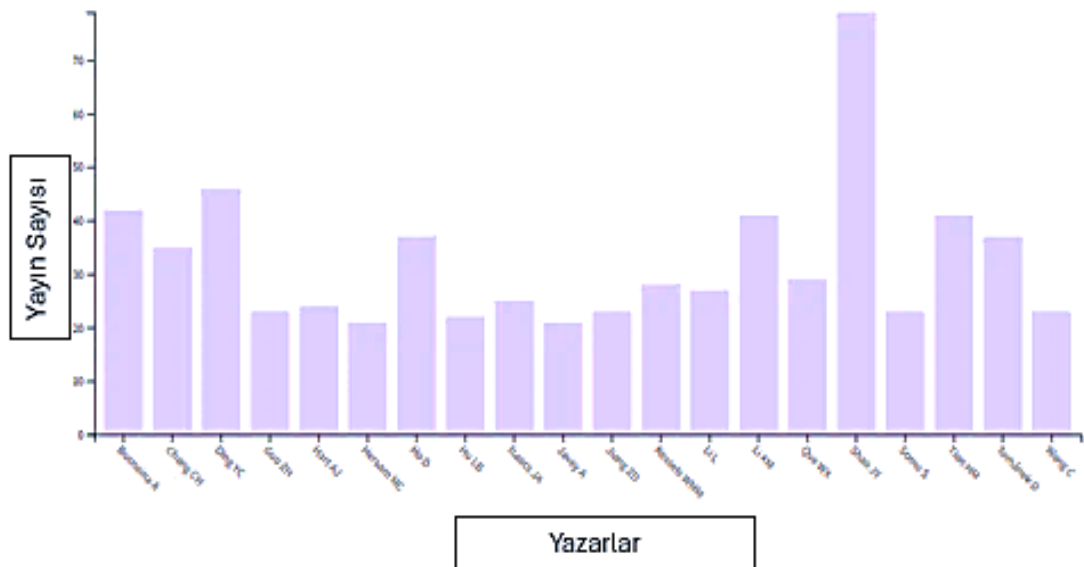


4.5.1.1.2. Yayın Sayısının Yazarlara Göre WoS ve Scopus Dağılımları

Wos ve Scopus veri tabanlarından elde edilen veri setine performans analizi yapıldığında en çok yayın yapan yazarlara ulaşılmıştır. Çalışmaların içeriklerine bakıldığında çalışılan tema üzerine yorum yapılabilmektedir.

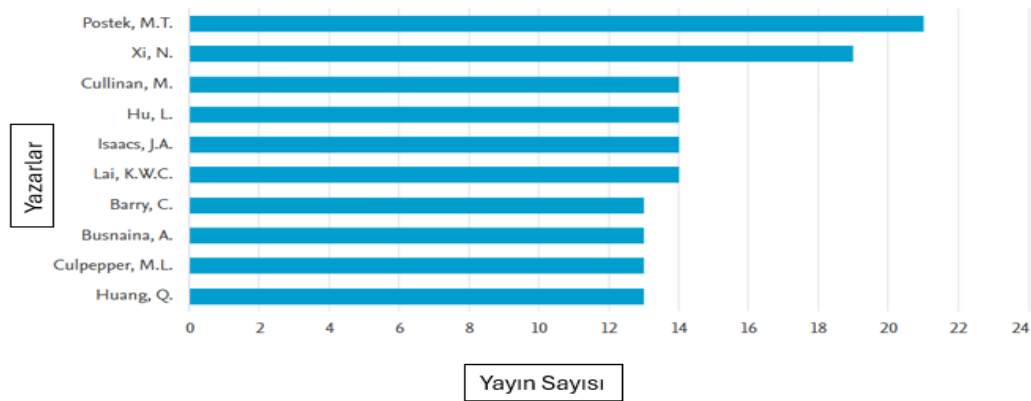
WoS Yayın Sayısının Yazarlara Göre Dağılımı: WoS veri tabanındaki nano üretim kavramı ile ilgili yayın sayısının yazarlara göre dağılımında Tablo 12 incelendiğinde Shao JY'nin 79 yayın sayısı ile en fazla yayına sahip olan yazar olduğu gözlemlenmiştir. Shao'yu takiben Ding YC ve Busnaina A, 46 ve 42 yayın sayısı ile 2. ve 3. en fazla yayına sahip yazarlardır. Tespit edilen üç yazarın da çalışmaları incelendiğinde içeriklerinin ağırlıklı olarak teknik ve mühendislik ağırlıklı olduğu ve üretim yönetimi ve aşamalarına değinilen bir bölümlerinin olmadığı saptanmıştır. Tablo 12'de 20 ve üzerinde yayını olan yazarlar eklenmiştir.

Tablo 12. WoS Yayınlarının, Yayın Sayısının Yazarlara Göre Dağılım (WoS, 2024)



Scopus Yayın Sayısının Yazarlara Göre Dağılımı: Scopus veri tabanındaki nano üretim kavramı ile ilgili yayın sayısının yazarlara göre dağılımı ve Tablo 13 incelendiğinde ise Postek'in 21 yayın sayısı ile en fazla yayına sahip olan yazar olduğu gözlemlenmiştir. Bu yazarı takiben Xi ve Cullinan, 19 ve 14 yayın sayısı ile 2. ve 3. en fazla yayına sahip olan yazarlardır.

Tablo 13. Scopus Yayınlarının, Yayın Sayısının Yazarlara Göre Dağılım (*Scopus, 2024*)



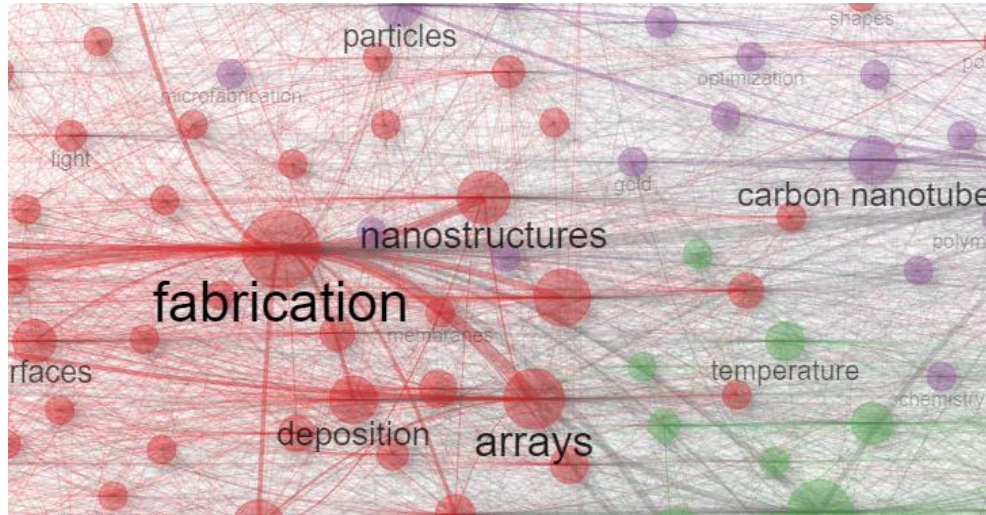
4.5.1.2. Bilimsel Haritalama Analizi

Bibliyometrik analizde, belirli bir alanın veya konunun belli bir sistematikte görselleştirilmesi, yazarların ya da yayınların arasındaki ilişkinin analiz edilmesi, bibliyometrik haritalama ya da bilimsel haritalama olarak adlandırılabilir. Böylelikle alıntılama ile bilim görsel hale getirilebilir. Bilimsel haritalama, yapılan bilimsel araştırmaları ve aralarındaki ilişkileri inceleyerek, yapısal görüntünün görselleştirilmesini amaçlamaktadır (Doulani, 2021) Bilimsel haritalama başlığının alt başlıklarında WoS ve Scopus verilerinin bilimsel haritalama analizleri yapılarak görseller değerlendirilecektir.

Çalışmanın bu kısmında, yukarıda açıklaması yapıldığı üzere bir atıf analiz tekniği olan Bibliyometrik Haritalama yöntemiyle, atıf, ortak yazar, ortak atıf, eşdizimlilik metotları kullanılarak nano üretim konusuna yönelik çalışmaların, yazarların, çalışma alt kümelerinin ve ülkelerin analizi yapılmaktadır. Bu analiz sonucunda elde edilen verilerle nano üretim konusuna yaklaşım bakış açısının gözlemlenmesi hedeflenmektedir. “Nano

Üretim” çalışmalarının bibliyometrik analizi, VOSviewer programı kullanılarak yapılan bu analiz 5 ayrı başlık olarak ayrıştırılabilir. Beş ayrı başlık sırasıyla; Bibliyografik Eşleştirme, Atıf Analizi, Ortak Yazarlık Analizi, Eşdizimlilik Analizi, Ortak Atıf Analizi’dir.

Nano üretim başlığı için ilk olarak İngilizce “nano üretim” anahtar kelimesi ile herhangi bir yıl, yazar, atıf veya ülke ayrıştırması yapılmaksınız bugüne kadar yayınlanmış tüm çalışmalar taratılmıştır. Bunun sonucunda elde edilen veri 2.577 yayındır. Şekil 7’de bu 2.577 yayının içeriği ile ilgili Vosviewer programı ile bir şema-eşleşme grafiği oluşturulmuştur. Bu haritadaki her bir renk bir temayı temsil etmektedir. Bu grafik ile Nano üretim alanında etkili olan temel tüm çalışmaların temaları belirlenmiştir. Bu grafiğe göre nano üretim kavramı ile ilgili temel çalışmaların ağırlıklı olarak mühendislik ve teknik konular çevresinde toplandığı söylenebilir. Grafikte kırmızı ile belirtilmiş temalar ve eşleşmeler incelendiğinde iş süreçleri kapsamında en yakın anahtar kelimelerin “fabrikasyon”, “optimizasyon”, “nano üretim” olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Nano Üretim Alanındaki Temel Çalışma Temaları (Rstudio Biblioshiny, 2024)

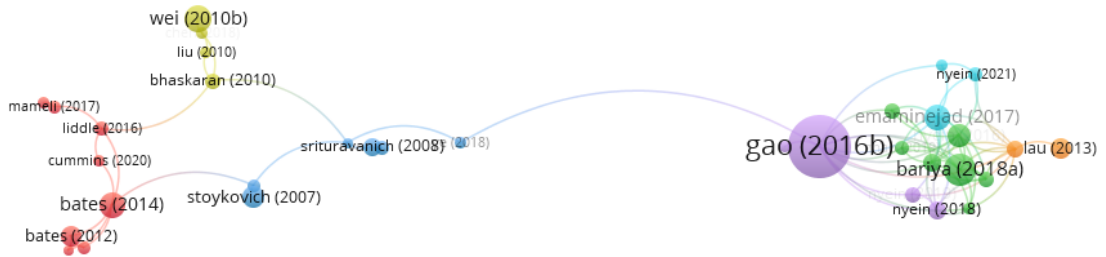
Bibliyometrik analizin 5 adet alt analiz türü bulunmaktadır. Bu bölümde WoS veri tabanından elde edilen çalışmaların beş bibliyometrik analiz tekniğine göre değerlendirilmesi yapılacaktır. Bu teknikler sırasıyla; atıf analizi, ortak atıf analizi, bibliyografik eşleştirme analizi, ortak yazar analizi ve ortak kelime analizidir.

4.5.1.2.1. Atıf Analizi

Atıf analizi, adından da anlaşılacağı üzere yazarların çalışmalarında değindiği noktaların diğer yazarların çalışmalarında kaynak olarak gösterilmesine dayanır (Osca Lluch v.d., 2009). Moed'e (2006) göre bu teknik, bibliyometrik analizin en önemli tekniğidir. Bu analiz yapılırken Vosviewer programından yararlanılabilir. Böylelikle, belirli bir alanda en çok atıf alan yazar, dergi, kurum, ülkeler belirlenerek gelecek araştırmalar için temel çalışmalar belirlenmiş olur.

WoS Verisine Göre Atıf Analizi: "Nano üretim" anahtar kelimesi ile zaman kısıtlaması yapılmadan yapılmış WoS veri tabanından elde edilmiş tüm çalışmaların atıf analizi yapıldığında analiz birimini dokümanlar olarak seçtiğimizde 2.576 adet çalışmaya ulaşılmaktadır. 50 ve üstü atıf alan dokümanlar incelendiğinde toplamda 423 çalışmaya ulaşılmaktadır. Anlamlı bir haritaya ulaşabilmek için eşik değeri 100 olarak belirlenmiştir ve 100 ve üstü atıf alan dokümanlar incelendiğinde 185 çalışmaya ulaşılmıştır.

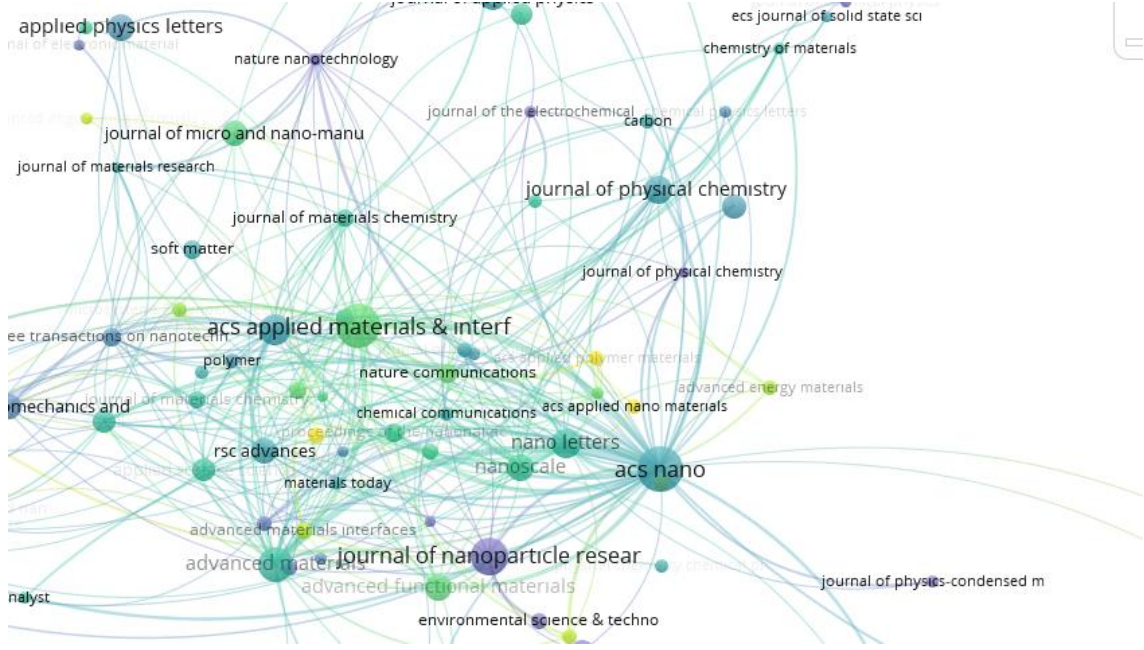
Atıf analizinin bu ayağını görsel ağ haritalama yöntemi ile elde etmek istendiğinde programdan bir uyarı alınmıştır. Bu uyarı nezdinde, 185 adet eşik değeri karşılayan çalışma olmasına rağmen çalışmalardan sadece 34 adedinin birbiriyle ilişkilendiği gözlemlenmektedir. Bu nedenle ağ görselinin yoğunluğu Şekil 8'deki gibidir.



Şekil 8. WoS Veri Seti Atıf Analizi Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

Analiz "kaynaklar" analiz birimi ile yapıldığında 766 çalışma elde edilmiştir. Program tarafından otomatik belirlenen eşik değeri 5 olarak atanmıştır. Bir kaynaktan alınacak minimum belge sayısını belirleyen bu eşik değeri sonucunda eşik değeri karşılayan kaynak sayısı 101 çalışmadı ve 92 adedi arasında bir ağ ilişkisi bulunmaktadır. Ağ ilişkisi

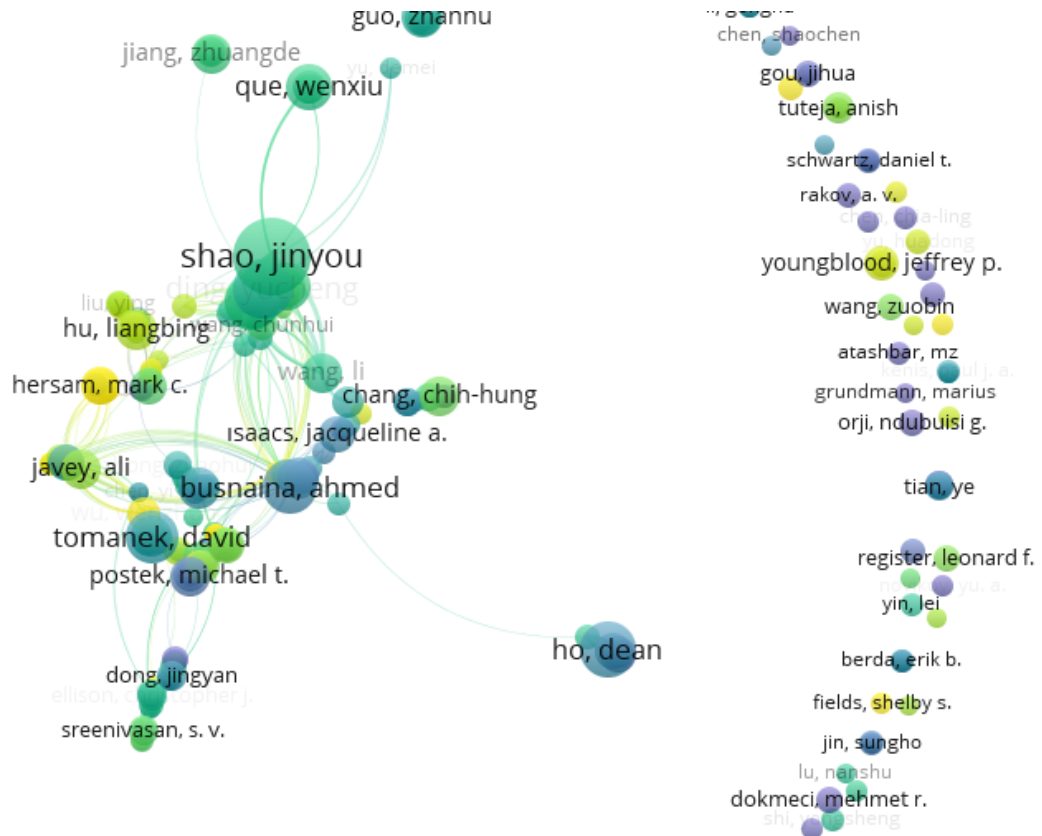
görseli Şekil 9’da verilmiştir. Görsele istinaden kaynaklar arasında ilişki olması çalışmaların benzer kaynaklarda yayınlandığını göstermektedir.



Şekil 9. WoS Veri Seti Atıf Analizi: Kaynaklar Analiz Bulgusu Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

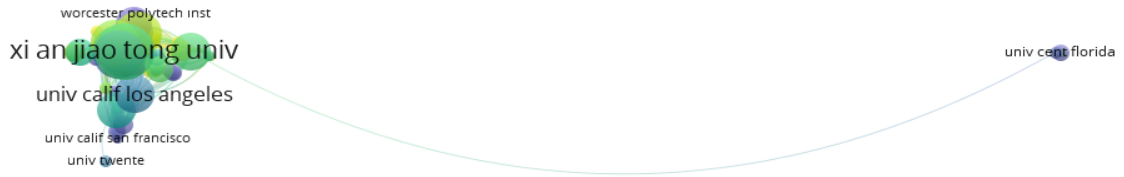
Atıf analizindeki 3. analiz birimi “yazarlar”dır. Toplamda nano üretim alanında WoS veri tabanından elde edilen çalışmalar toplamda 7.964 yazar çerçevesinde oluşturulmuştur. Program tarafından otomatik belirlenen eşik değeri 5 olarak atanmıştır. Bir yazarın minimum belge sayısını belirleyen bu eşik değeri sonucunda eşik değeri karşılayan yazar sayısı 353’tür. Minimum belge sayısı 5 olan en çok atıf alan 2 yazar Jinyou Shao ve Dean Ho’dur.

Şekil 10’daki ağ görseline istinaden, yazarlar arasında ağ ilişkileri kısmi olarak bulunmaktadır.



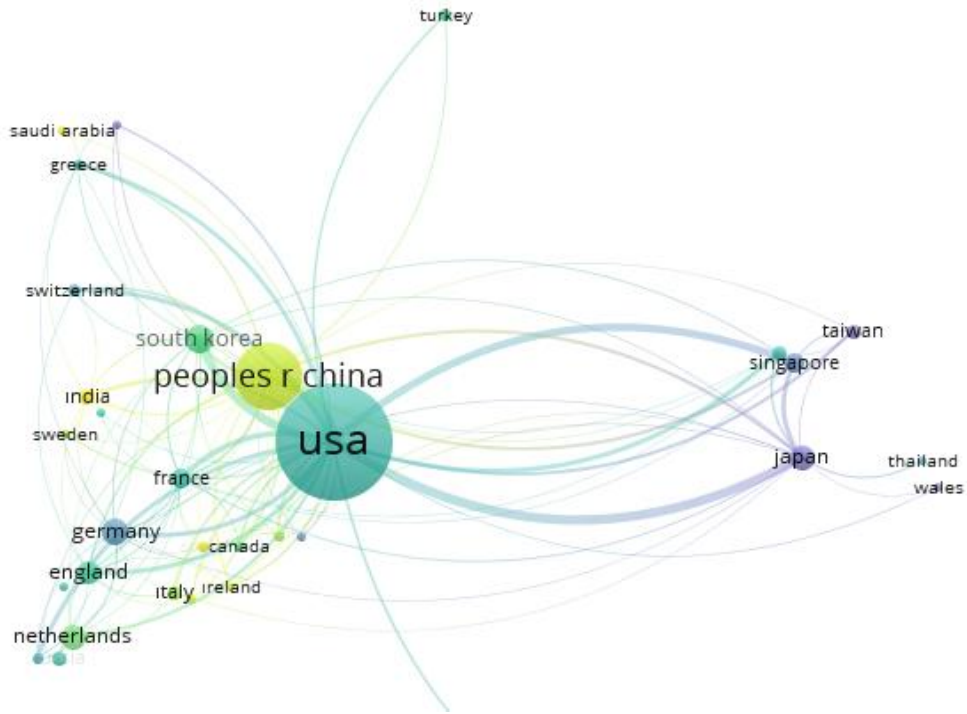
Şekil 10. WoS Veri Seti Atıf Analizi: Yazarlar Analiz Bulgusu Ağ Görseli (Vosvier, 2024)

Atıf analizindeki bir diğer analiz birimi organizasyonlardır. 1.369 adet organizasyon tespit edilmiştir. Program tarafından otomatik belirlenen eşik değeri 5 olarak atanmıştır. Bir organizasyonun minimum atıf alan belge sayısını belirleyen bu eşik değeri sonucunda eşik değeri karşılayan organizasyon sayısı 175'tir. Analiz sonucunda en çok atıf alan 3 organizasyon Kaliforniya Üniversitesi-Berkeley, Michigan State Üniversitesi ve Purdue Üniversitesi'dir. Bu üç organizasyonun da ülkesinin Amerika Birleşik Devletleri olması dikkat çekmektedir. Şekil 11'de belirtildiği üzere kurumlar arası iş birliği ağı yoğun olmamakla beraber bulunmaktadır.



Şekil 11. WoS Veri Seti Atıf Analizi: Organizasyonlar Analiz Bulgusu Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

Atıf analizinin son analiz birimi ise ülkelerdir. 58 adet ülke tespit edilmiştir. Program tarafından otomatik belirlenen eşik değeri 5 olarak atanmıştır. Bir ülkenin minimum atıf alan belge sayısını belirleyen bu eşik değeri sonucunda eşik değeri karşılayan ülke sayısı 32'dir. Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Güney Kore en çok atıf alan çalışmalara sahip ülkelerdir. İlk üç ülke nanoteknoloji konusunda öncü ülkeler olduğundan, bu analiz de bu çıkarımı destekler niteliktedir. Şekil 12'de de ülkeler arasındaki bağlantı görselleştirilmiştir. Amerika, Çin, Güney Kore iş birliğinde merkezde olmasının yanı sıra Türkiye'nin de Çin ve Amerika ile iş birliği ağına dahil olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 12. WoS Veri Seti Atıf Analizi: Ülkeler Analiz Bulgusu Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

Scopus Verisine Göre Atıf Analizi: 1.550 çalışmadan 50 ve üstü atıf alan çalışmalar incelendiğinde birbiriyle bilimsel iş birliği ilişkisi olmayan 172 çalışma ortaya çıkmaktadır. Stoykovich, Steen ve Guo D'nin çalışmaları en çok atıf alan çalışmalardır. 638 adet kaynağa ulaşılmıştır. Bir kaynağa ait minimum çalışma sayısı 5 olarak belirlendiğinde 54 adet kaynağa ulaşılmaktadır. En çok atıf alan kaynaklar ACS Nano, Journal of Nanopartical Research, Advanced Materials ve Nano Letters dergileridir. Kaynaklar arası bilimsel iş birliği ilişkisi bulunmamaktadır.

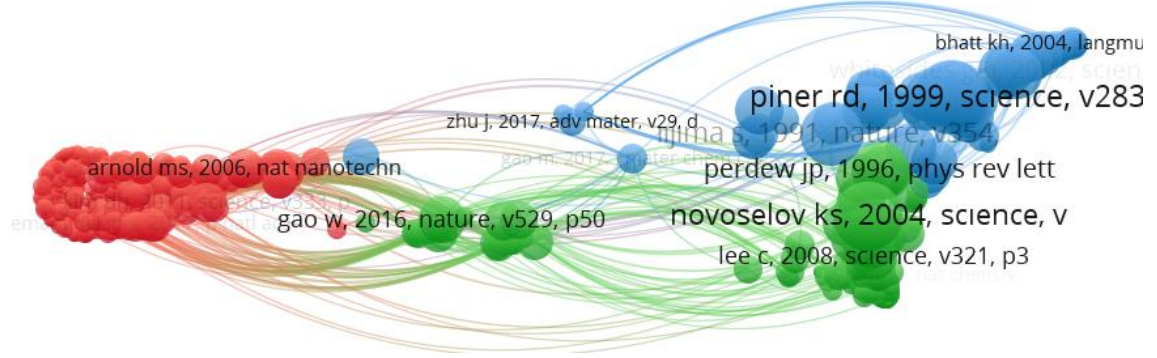
1.395 adet atıf alan yazar tespit edilmiştir. Minimum belge sayısı eşik değeri 5 olarak seçildiğinde 3 adet yazarın eşik değeri karşıladığı gözlemlenmiştir. Bu yazarlar Postek, Cooper ve Huang'dır. Atıf alan 3.042 adet organizasyon tespit edilmiştir. Minimum belge sayısı eşik değeri 5 olan 17 adet organizasyonun eşik değeri karşıladığı saptanmıştır. Buna göre en çok atıf alan organizasyonlar; Maryland Üniversitesi- Malzeme Bilimi ve Mühendisliği departmanı, Massachusetts Üniversitesi- Makine Mühendisliği departmanı ve Purdue Üniversitesidir. Bu üç organizasyon da Amerika Birleşik Devletleri'nde yer almaktadır. Son olarak, atıf alan 77 ülke incelendiğinde, minimum belge sayısı eşik değeri 5'e göre eşik değeri karşılayan 29 adet ülkeye ulaşılmıştır. En çok atıf alan ilk 5 ülke; Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Güney Kore, İngiltere ve Japonya'dır.

4.5.1.2.2. Ortak Atıf Analizi

Ortak atıf analizi iki çalışmanın birlikte alıntılanma sıklığını belirler (Small,1973). Ortak atıf analizi ile çalışmalar arasındaki benzerlikler tespit edilir. Örneğin X ve Y çalışmalarının her ikisine A çalışması tarafından atıf yapılmışsa, X ve Y çalışmaları arasında doğrudan bir alıntılama olmasa bile çalışmaların birbiriyle ilişkili olduğu gözlemlenebilir (Öztürk ve Güler, 2021). Çalışmalar arasındaki ilişki bilimsel haritalama yöntemi ile ağ görselleştirmesi yapılarak haritalandırılabilir. İki kaynağa verilen ortak atıf sayısı arttıkça ortak atıf gücü kuvvetlenir (Zan, 2019).

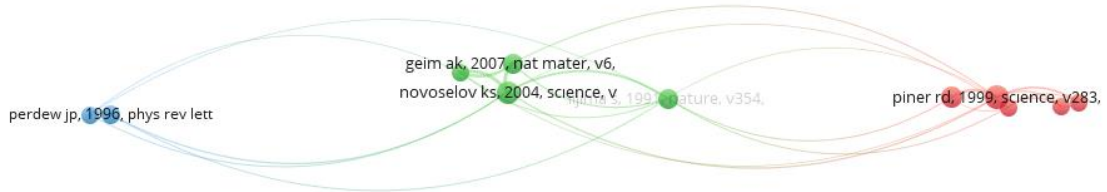
WoS Verisine Göre Ortak Atıf Analizi: "Nano üretim" başlığında zaman kısıtlaması yapılmadan yapılmış WoS veri tabanından elde edilmiş tüm çalışmaların ortak atıf analizi alıntılanan referanslara göre incelendiğinde 82.210 atıflı referans elde edildiği

gözlemlenmiştir. Şekil 13'teki harita yoğunluğunun sebebi referanslara göre ortak çalışma sayısının fazlalığıdır.



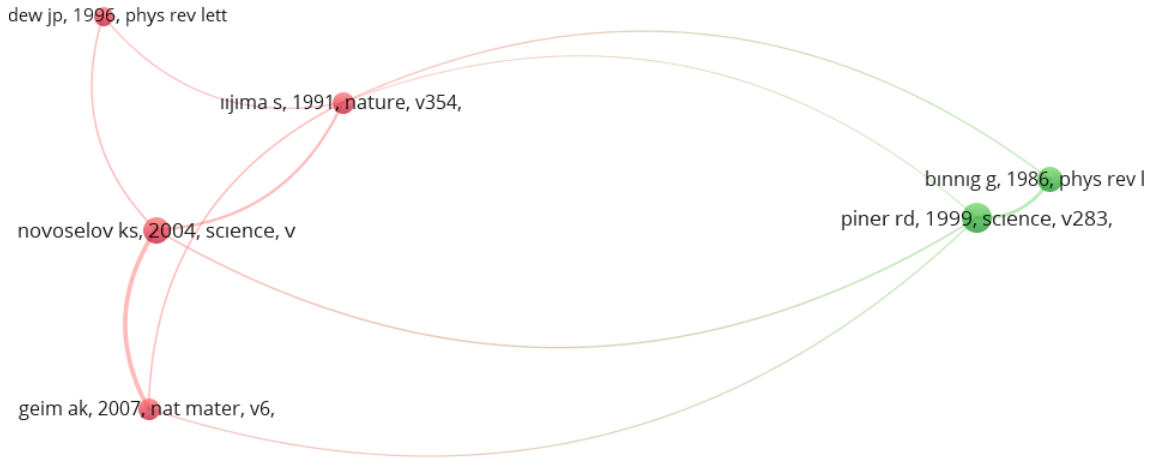
Şekil 13. WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

Şekil 13'teki haritanın yoğunluğunu indirmek amacıyla, minimum referanslı alıntı sayısı 30 olarak girilmiş ve 11 adet çalışmanın eşik değeri karşıladığı görülmüştür ve Şekil 14'te belirtilmiştir. Eşik değer 35 olacak şekilde eşik değeri karşılayan çalışma sayısının 6 olduğu belirlenmiş ve Şekil 15'te ağ görseli verilmiştir.



Şekil 14. WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi: Eşik Değeri 30 Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

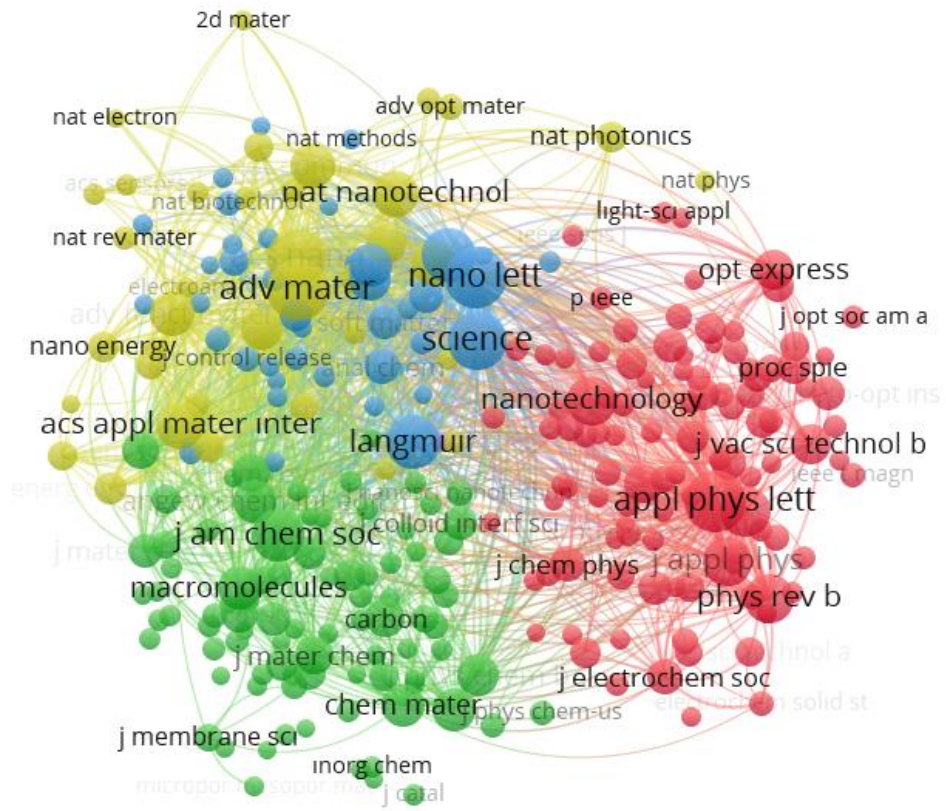
Eşik değer 35'e çıkarıldığında eşik değeri karşılayan çalışma sayısının 6 olduğu belirlenmiş ve Şekil 15'te ağ görseli verilmiştir.



Şekil 15. WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi: Eşik Değeri 35 Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

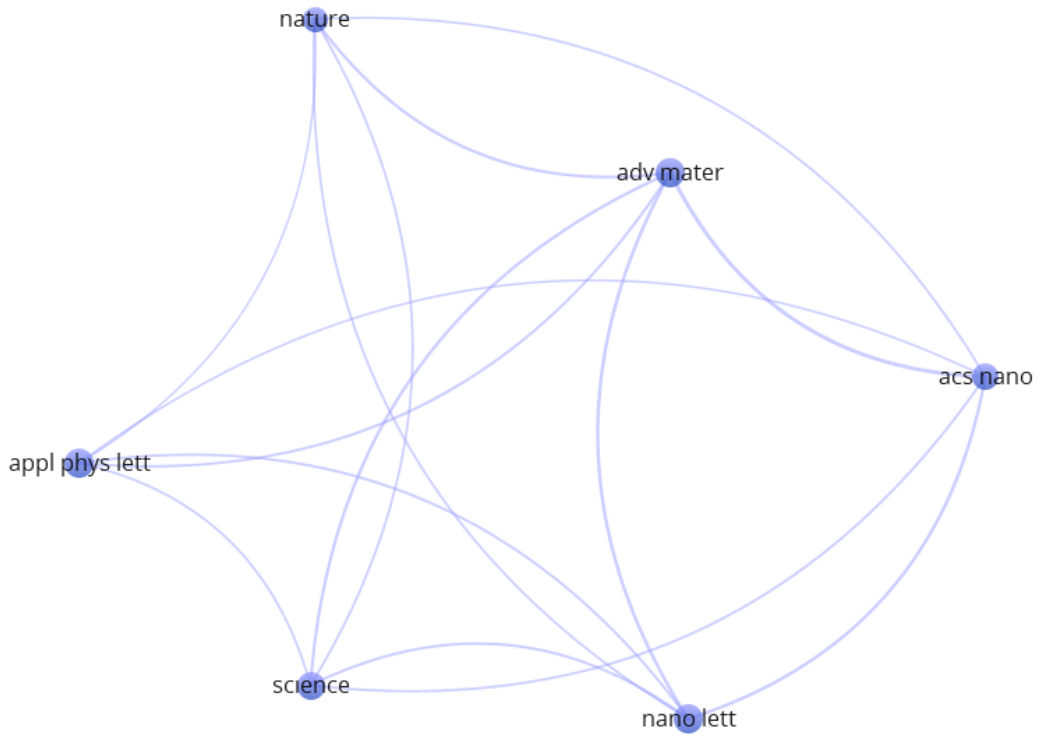
Şekil 15'teki harita incelendiğinde, nano üretim alanında etkili olan ve beraber en çok atıfın yapıldığı çalışmalar görselleştirilmiştir. Şekil 15, elde edilen çalışmaların temel referanslarını göstermektedir. En çok alıntı yapılan referanslara göre, bu çalışmanın 2024'e kadar WoS'da yayınlanmış tüm çalışmaları içermesine rağmen, 90'lı dönemlerin ve 2000'li dönemlerin başlarındaki referanslara atıf aldığı tespit edilmiştir.

Nano üretim başlığında zaman kısıtlaması yapılmadan yapılmış WoS veri tabanından elde edilmiş tüm çalışmaların ortak atıf analizi alıntılanan kaynaklara göre incelendiğinde toplamda ortak 11.754 kaynağın elde edildiği gözlemlenmiştir. Minimum kaynak atıf sayısı 50 seçildiğinde eşik değeri sağlayan 271 kaynak Şekil 16'da belirlenmiştir.



Şekil 16. WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi: Alıntılanan Kaynaklar Analiz Bulgusu Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

Harita yoğunluğunu indirmek için eşik değeri 100 (minimum kaynak atıf sayısı) olarak 144 adet kaynağın eşik değeri karşıladığı belirlenmiş ve Şekil 17'deki ağ haritasında gösterilmiştir.



Şekil 17. WoS Veri Seti Ortak Atıf Analizi: Alıntılanan Kaynaklar Eşik Değeri 100 Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

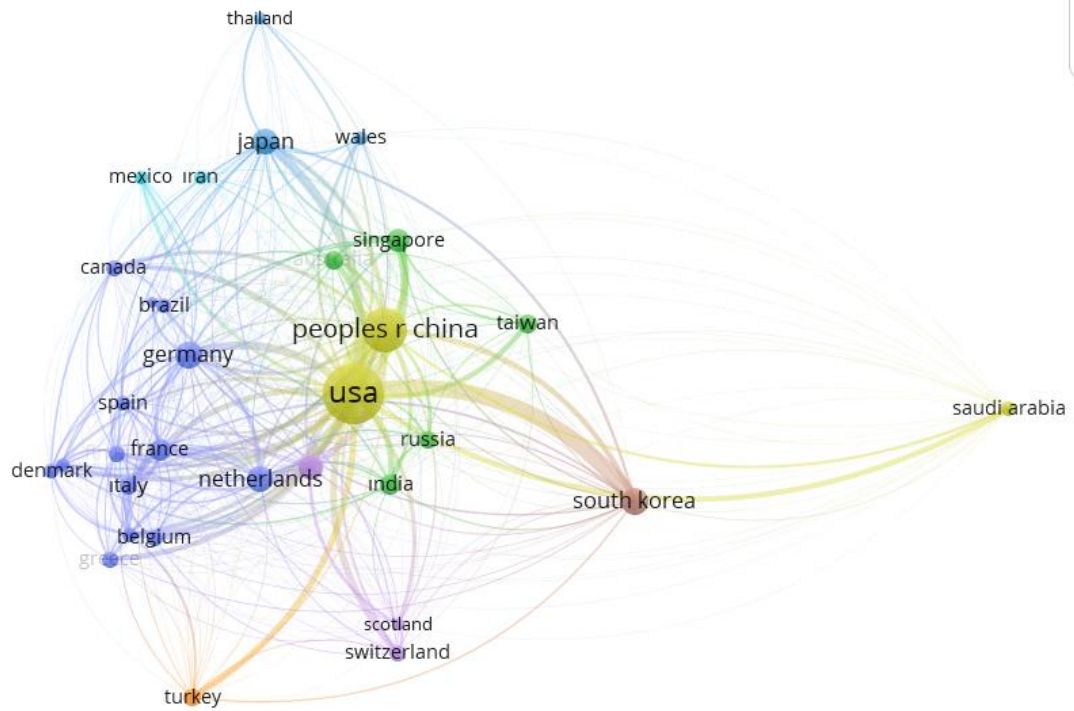
Böylelikle nano üretim konusundaki kaynaklara bakılarak ‘Advanced Materials’, ‘Nature’, ‘ACS Nano’, ‘Applied Physics Letter’ ve ‘Nano Letters’ gibi akademik dergiler 100 üzerinde atıf alan kaynaklara örnek gösterilebilmektedir.

Son olarak, ortak atıf analizinde analiz türlerinin sonuncusu ‘alıntılanan yazarlar’ analizidir. Bu analiz sonucunda “nano üretim” başlığında zaman kısıtlaması yapılmadan araştırılmış, WoS veri tabanından elde edilmiş tüm çalışmaların ortak atıf analizi alıntılanan yazarlara göre incelendiğinde toplamda 50.322 yazar elde edildiği gözlemlenmiştir. Ağ haritası Şekil 18’de verilmiştir.

4.5.1.2.3. Bibliyografik Eşleştirme Analizi

Bu analiz tekniği farklı iki çalışmanın aynı kaynağa atıfta bulunması olarak tanımlanabilir. Martyn (1964) ise bu analiz tekniğini farklı iki çalışmanın kaynakçaları arasındaki benzerlik olarak tanımlamaktadır.

WoS Verisine Göre Bibliyografik Eşleştirme Analizi: Bibliyografik eşleştirme analizi için WoS veri tabanından elde edilen veri setine istinaden yapılmıştır. Analiz ülkeler bazında incelendiğinde, nano üretim başlığı altında aynı çalışmalara atıfta bulunan kaynakların ait olduğu ülkeler Şekil 19’da haritalandırılmıştır.



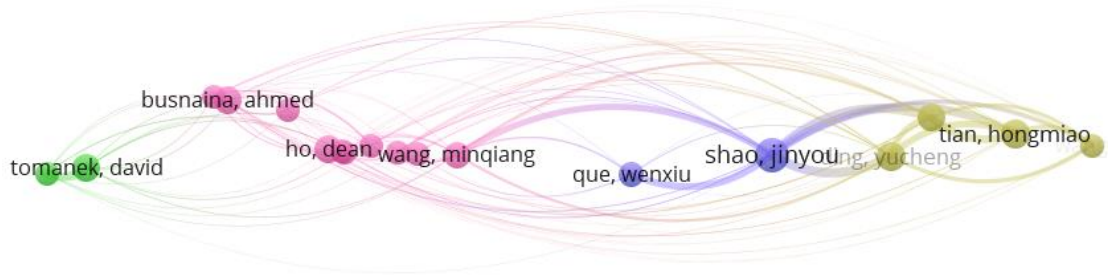
Şekil 19. WoS Veri Seti Bibliyografik Eşleştirme Analizi: Ülkeler Analizi Ağ Görsele (Vosviewer, 2024)

Görselin değerlendirilmesi sonucunda Amerika Birleşik Devletleri en çok aynı kaynaklara atıf yapan çalışmaların bulunduğu ülke olarak tespit edilmiştir. Daha önceki analizlerde de görüldüğü üzere, nanoteknoloji kavramının ilk çalışılmaya başlandığı ve en çok yatırım yapılan ülke Amerika Birleşik Devletleri’dir. En çok yapılan atıfların ve

çalışmaların da bu ülkede gerçekleşmiş olması tahmin edilebilir bir gelişmedir. ABD'yi takiben Çin, Güney Kore, Japonya, Hollanda, Almanya da en fazla aynı çalışmaya atıfta bulunan kaynakları bulundurmaktadır. Türkiye de 23 çalışma ile aynı çalışmaya atıfta bulunan kaynaklar listesinde yerini almıştır.

Bu çalışmanın akabinde en çok aynı kaynaklara atıf yapan çalışmaların bulunduğu organizasyonlar incelendiğinde 1.369 adet organizasyon tespit edilmiştir. Minimum belge sayısı 25 seçildiğinde 26 adet organizasyona ulaşılmıştır ve ilk üç organizasyonun Amerika Birleşik Devletleri'ne bağlı kurum ve kuruluşlar olduğu gözlemlenmektedir. İlk üç organizasyon Kaliforniya Üniversitesi-Berkeley, Michigan State Üniversitesi, Purdue Üniversitesi, Texas Austin Üniversitesi'dir. 5. Üniversite ise Çin'de bulunan Xi an Jiatong Üniversitesi'dir.

Farklı iki çalışmasının aynı kaynağa atıfta bulunduğu toplamda 7.964 yazar tespit edilmiştir. Minimum belge sayısı 20 olarak belirlendiğinde eşik değeri karşılayan 19 adet yazara ulaşılmaktadır. Şekil 20'de bu yazarlar arasındaki iletişimi gösteren görsel ağ haritası verilmiştir.



Şekil 20. WoS Veri Seti Bibliyografik Eşleştirme Analizi: Yazar Analizi Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

Kaynaklar verisinde ise 75 çalışma ile ACS Nano, 72 çalışma ile ACS Applied Materials and Interfaces, 45 çalışma ile Advance Materials dergileri farklı ili çalışmasının aynı kaynağa atıfta bulunduğu dergilerdir. Aynı kaynağa atıf yapılan toplam çalışma sayısı ise 2.577'dir.

Scopus Verisine Göre Bibliyografik Eşleştirme Analizi: Bibliyografik eşleştirme bulguları atıf analizindeki bulgular ile benzerdir.

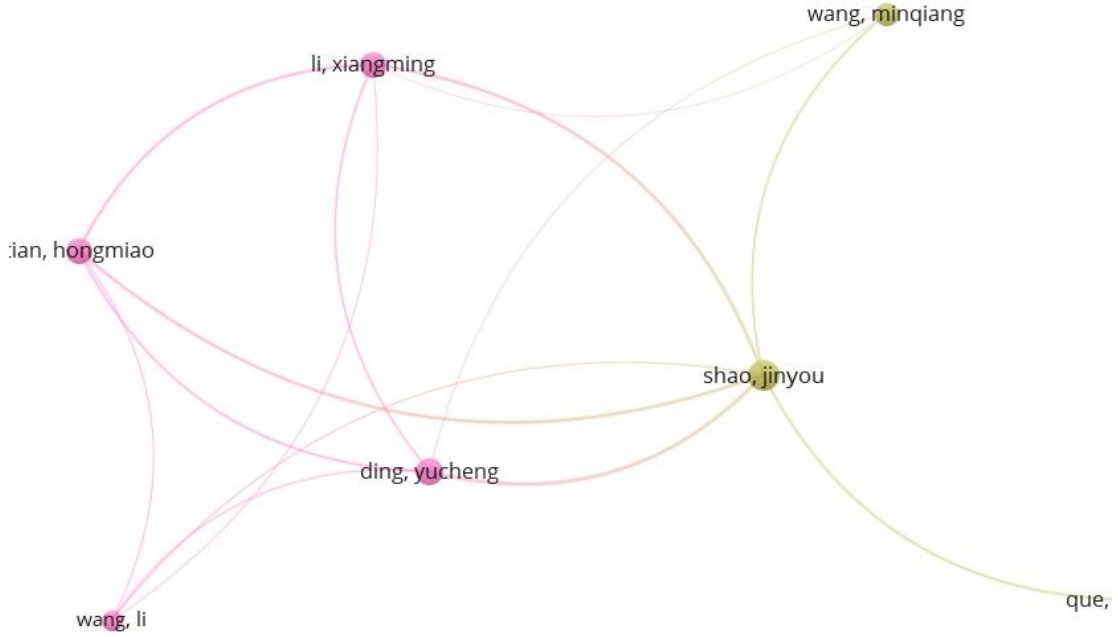
Aynı kaynağa atıf yapan, minimum belge sayısı eşik değeri 5 olan toplamda 29 adet ülke, bulunmaktadır. En çok aynı kaynağa atıf yapan ülkeler Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Güney Kore'dir. En çok aynı kaynağa atıf yapan organizasyonlar da eşik değeri belirlenerek, minimum belge sayısı 5 olan 17 adet organizasyona ulaşılmıştır. En çok atıf yapan organizasyonlar; Maryland Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği departmanı, Massachusetts Üniversitesi- Makine Mühendisliği departmanı ve Purdue Üniversitesi'dir. En çok aynı kaynağa atıf yapan yazarlardan, minimum belge sayısı 3 olan 15 adet yazara ulaşılmıştır. Birbiri ile bilimsel ağ ilişkisi bulunan 3 yazar bulunmaktadır, bu yazarlar; Polit, Cooper ve Wachter'dir. Aynı çalışmaya atıf yapan kaynaklardan, minimum belge sayısı 10 seçildiğinde 22 adet kaynağa ulaşılmaktadır. En çok atıf yapan kaynaklar ACS Nano, Journal of Nanoparticle Research, Advance Materials, Nano Letters'dir.

4.5.1.2.4. Ortak Yazar Analizi

Ortak yazar analizi, yazarlar arasındaki entelektüel iş birliğini inceleyen bir analizdir. Ortak yazar analizi ile belirli bir alanda ya da belirli bir bölgedeki araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar tespit edilerek gelecek araştırmalara yol gösterebilir. Ek olarak, bir alanda çok kümelenmemiş araştırmacılar tespit edilirse de çalışmanın o bölgede yaygınlaşması teşvik edilebilir (Donthu v.d., 2021)

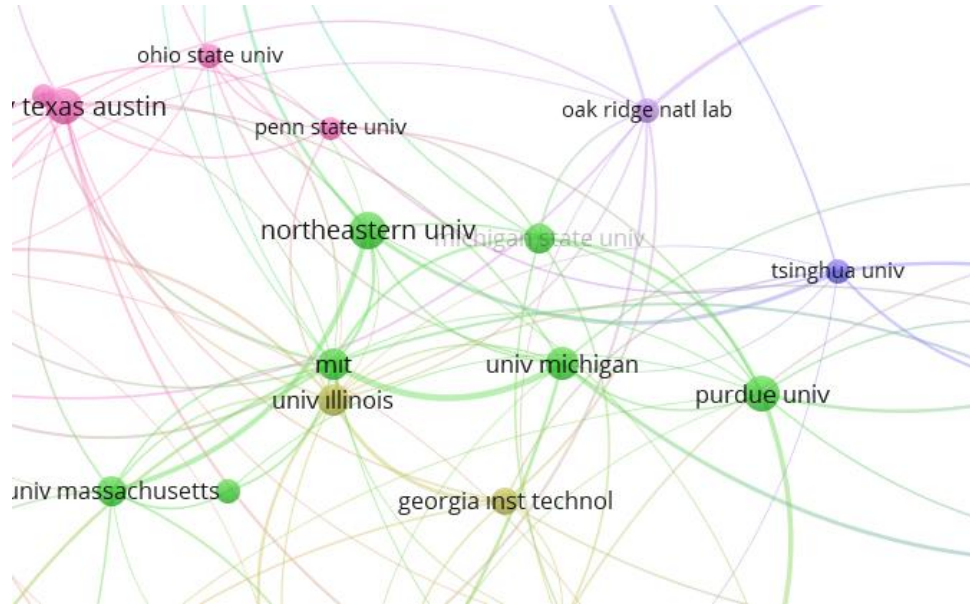
WoS Verisine Göre Ortak Yazar Analizi: WoS'da nano üretim konusunda çalışmış yazarların analizi incelendiğinde, yıl kısıtlaması yapılmaksızın 7.964 yazara ulaşılmaktadır. Vosviewer programında eşik değeri 20 olacak şekilde seçilmiştir. Eşik değeri, bir yazarın asgari çalışma sayısı, bu analize en az kaç makaleye sahip olan yazarların dahil edileceği ve bir yazarın asgari atıf sayısı yani bu analize en az kaç adet atıf alan yazarların dahil edileceğini belirtmektedir.

Programda asgari çalışma sayısı olarak seçilen eşik aralığı 20'dir. Bu şekilde seçildiğinde 19 yazarın eşik değeri karşıladığı gözlemlenmiştir. Ortak yazar analizi sonucunda elde edilen görsel ağ haritasında 19 adet yazarın 20 ve daha fazla nano üretim başlığı altında çalışması olduğu gözlemlenmektedir. Yazarlar arasındaki ağ ilişkisi görsel ağ haritasında Şekil 21'de belirtilmiştir.



Şekil 21. WoS Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Yazarlar Arası Ağ İlişkisi Görseli (Vosviewer, 2023)

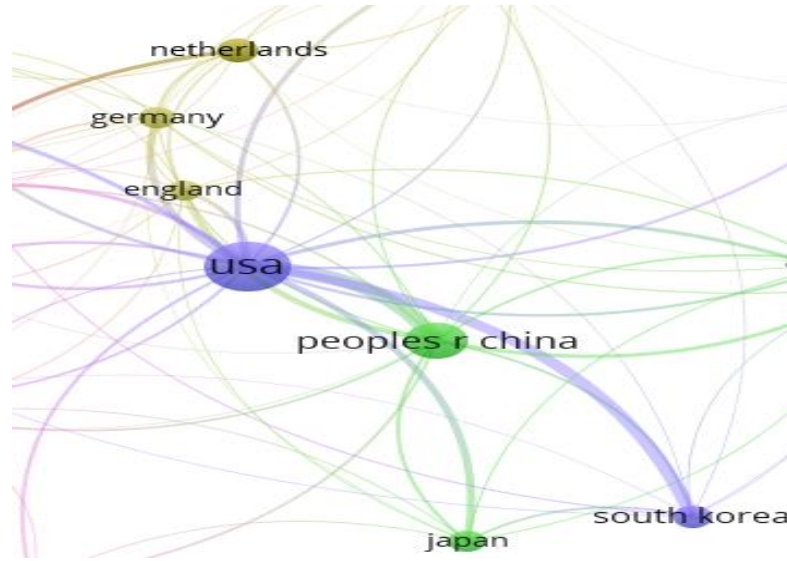
Ortak yazar analizi kurumlar bazlı değerlendirildiğinde ise 1.369 adet kuruluşa ulaşılmaktadır. Bir kuruluşun asgari belge sayısının eşik değeri 20 olarak seçildiğinde (harita yoğunluğunu indirmek ve ağ ilişkisini daha detaylı gözlemleyebilmek için) eşik değeri karşılayan 40 kuruluş tespit edilmiştir ve görsel haritası Şekil 22'de belirtilmiştir. Kuruluşlar arasındaki ağ ilişkisi, önceki analizleri destekler niteliktedir ve Amerika Birleşik Devletleri kuruluşlarının bilimsel ilişkide olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 22. WoS Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Kurumlar Analizi Eşik Değeri 20 Ağ Görşeli (Vosviewer, 2024)

Şekil 22'deki görsel sonucunda ortak yazarlar arasındaki ağ ilişkisinin ağırlıklı olarak Amerika Birleşik Devletleri kuruluşları arasında olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, kuruluşların birbirlerine uzak konumlanmaları, nano üretime yönelik çalışılan konuların da geniş olabileceği sonucuna ulaşılabileceğini sağlamaktadır.

Son olarak ortak yazar analizi ülke bazlı incelendiğinde, bu çalışma alanındaki ortak yazarların toplamda 58 ülkeden oldukları gözlemlenmektedir. En çok dokümana sahip ülkenin Amerika Birleşik Devletleri olduğu gözlemlenmektedir. Daha önceki analiz sonuçlarına istinaden yazarların, çalışmaların ve nano üretim kavramının Amerika Birleşik Devletleri'nden çıktığı gözlemlenmiştir, ortak yazar analizindeki ülke analizi de diğer analiz sonuçlarını destekler niteliktedir. Şekil 23'teki ağ görseline istinaden ülkeler arasında çalışmalarda bilimsel ağ ilişkisi olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 23. WoS Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Ülke Analizi Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

Scopus Verisine Göre Ortak Yazar Analizi: Scopus veri tabanında nano üretim konusunda çalışmış yazarların analizi yapıldığında yıl kısıtlaması eklenmeden incelendiğinde 1.395 yazara ulaşılmaktadır. Bir yazarın asgari çalışma sayısı yani bu analize en az kaç makaleye sahip olan yazarların dahil edileceği ve bir yazarın asgari atıf sayısı yani bu analize en az kaç adet atıf alan yazarların dahil edileceği 5 olarak belirtilmiştir. Programın asgari çalışma sayısı olarak önerdiği eşik aralığı 5'tir. Bu şekilde seçildiğinde 1.395 yazardan sadece 3 yazarın eşik değeri karşıladığı gözlemlenmiştir.

Bu analiz sonucunda elde edilen görsel ağ haritasında 3 adet yazarın 5 ve daha fazla nano üretim başlığı altında çalışması olduğu gözlemlenmektedir. Herhangi bir yıl kısıtlaması yapılmamıştır. Yazarlar arasındaki ağ ilişkisi görsel ağ haritasında Şekil 25'teki gibi belirtilmiştir. Postek, Cooper, Huang minimum 5 çalışmaya sahip ortak yazarlardır.

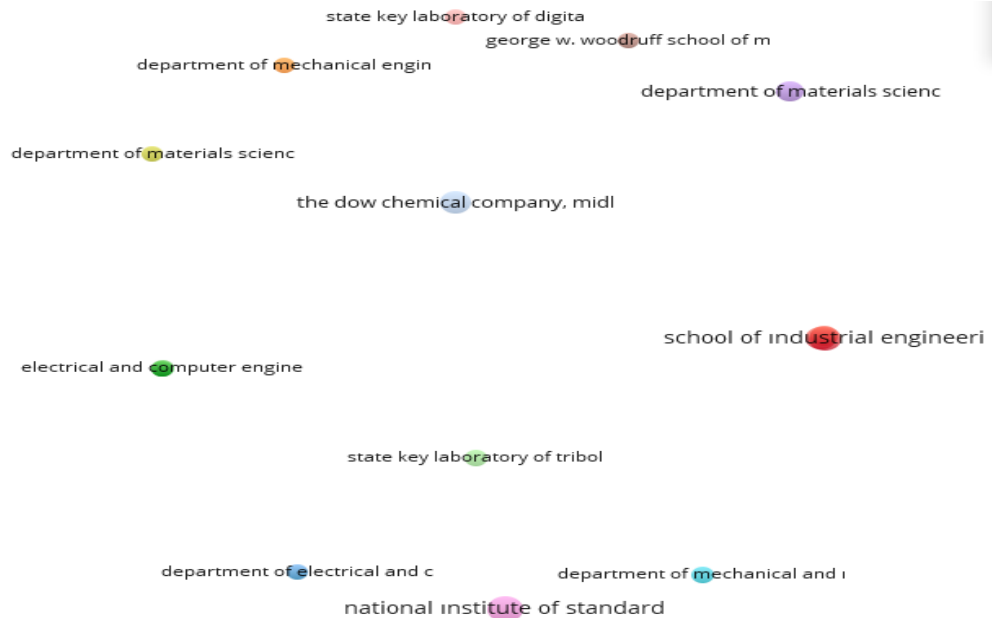
postek m. vladár a.e.

cooper k.p.

huang w.

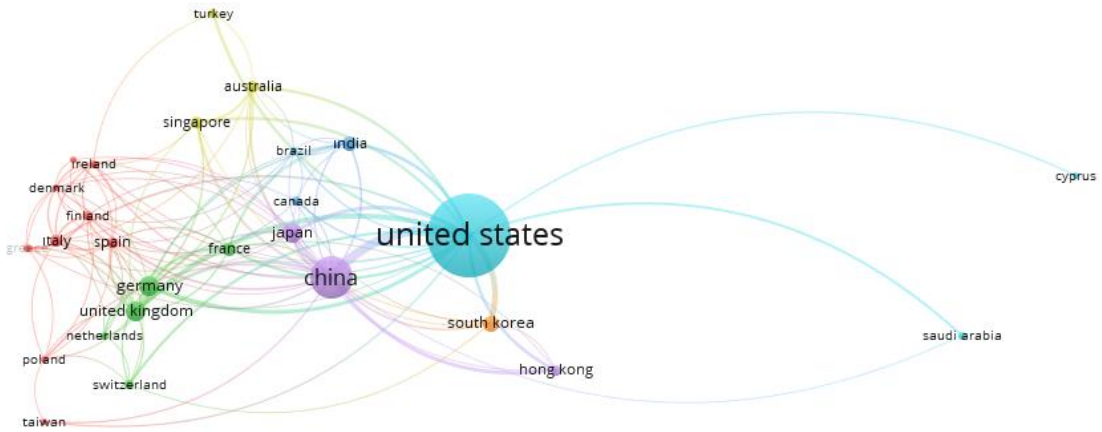
Şekil 24. Scopus Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Yazarlar Arası Ağ İlişkisi Görseli (Vosviewer, 2024)

Ortak yazar analizi organizasyonlar bazlı incelendiğinde ise toplamda 3.042 organizasyon tespit edilmiştir, minimum 5 belge sayısına sahip eşik değeri sağlayan 17 organizasyon tespit edilmiştir. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü, Purdue Üniversitesi, Dow Chemical Company (Michigan) en çok ortak yazar çalışması olan kurumlardır. Kurumların hepsi Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunmaktadır.



Şekil 25. Scopus Veri Seti Ortak Yazar Analizi: Organizasyonlar Analizi Eşik Değeri 5 Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

Son olarak ortak yazar analizi ülke bazlı incelendiğinde, ortak yazarlı minimum 5 çalışması olan ülkelerden 29 adedi eşik değeri sağlamaktadır ve ağ görseli Şekil 27’de belirtilmiştir. En çok çalışma Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Güney Kore, Japonya, İngiltere ve Almanya ülkelerinde gözlemlenmiştir.



Şekil 26. Scopus Ortak Yazar Analizi: Ülkeler Analizi Ağ Görseli (Vosviewer, 2024)

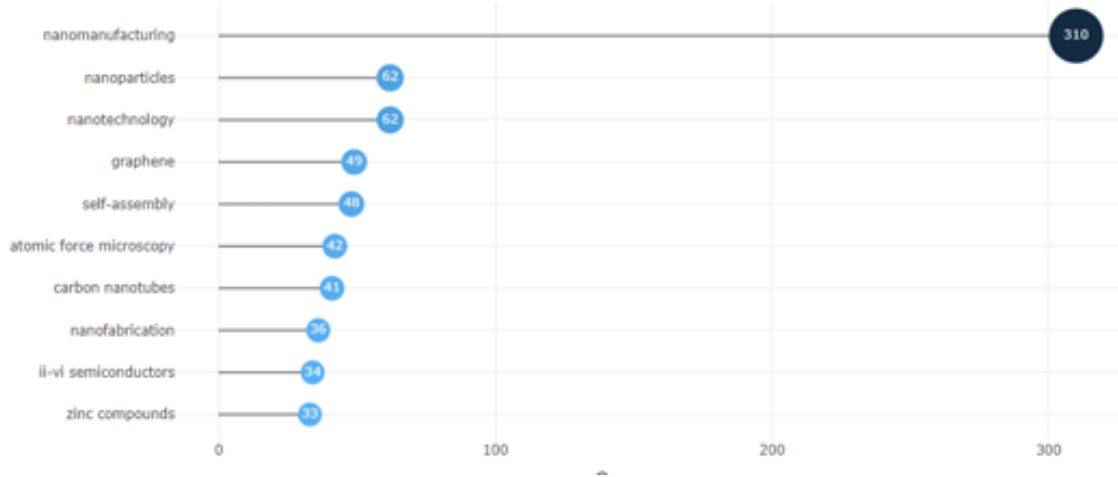
4.5.1.2.5. Ortak Kelime Analizi

Ortak kelime analizi, çalışmalarda genellikle birlikte kullanılan ve sıklıkla bir arada görünen kelimelerin tematik ilişkisi üzerinde duran bir analizdir. Bu analizde sadece çalışmadaki ortak kelimeler değil, yazarların kullandığı ortak kelimeler de incelenir. Diğer analiz tekniklerinden ayrılan özelliği çalışmaların içerikleri ile ilgili bilgi vermesidir (Donthu v.d., 2021)

WoS’a Göre Ortak Kelime Analizi: Bibliyometrik analiz türlerinden sonuncusu ortak kelime analizidir. Analizi yapılmak istenen çalışmalarda bazı anahtar kelimelerin sıkça kullanılması, kelimeler arasındaki ilişkiyi belirlemektedir. Analizin yapılması araştırma konusuna ilişkin kelimelerin kavramsal çerçevesi ve bilişsel yapısının anlaşılmasında yardımcı olur (Koseoglu v.d., 2016). Sadece ortak kelime analiz tekniğine özgü olarak eğer bu analiz Vosviewer programında yapılacaksa analiz birimi olarak sadece çalışmaların anahtar kelimeleri üzerinden ağ haritası oluşturulabilmektedir.

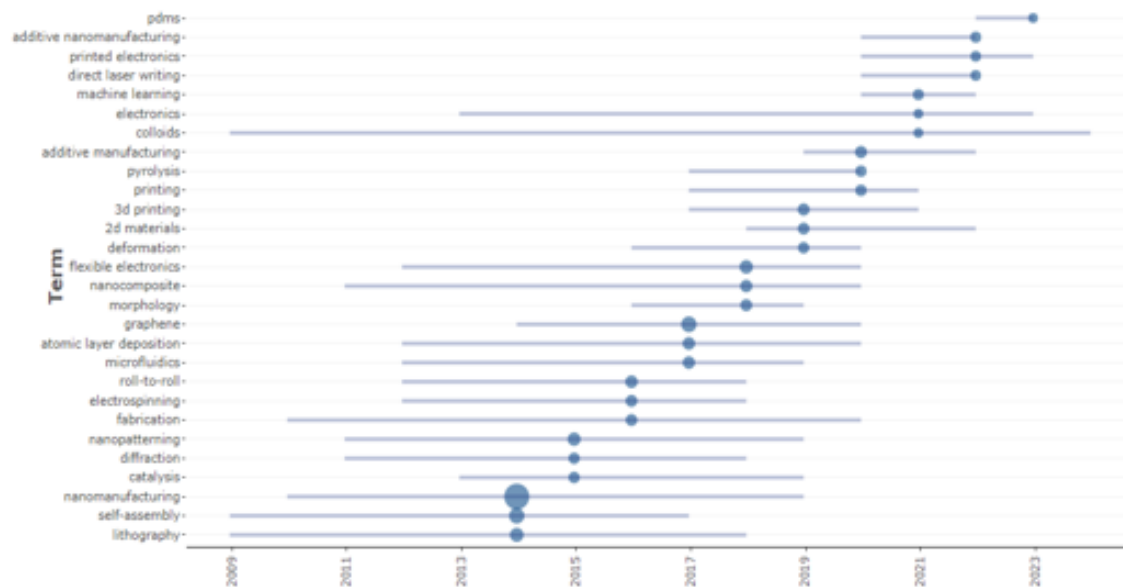
Wos çalışmalarında en çok kullanılan yazar kelimeleri Tablo 14’te verilmiştir. Buna göre, nano üretim, nano partiküller, nanoteknoloji en çok kullanılan 3 kelimedir.

Tablo 14. En Çok Kullanılan Yazar Kelimeleri ve Çalışma Sayıları (Rstudio Biblioshiny, 2024)



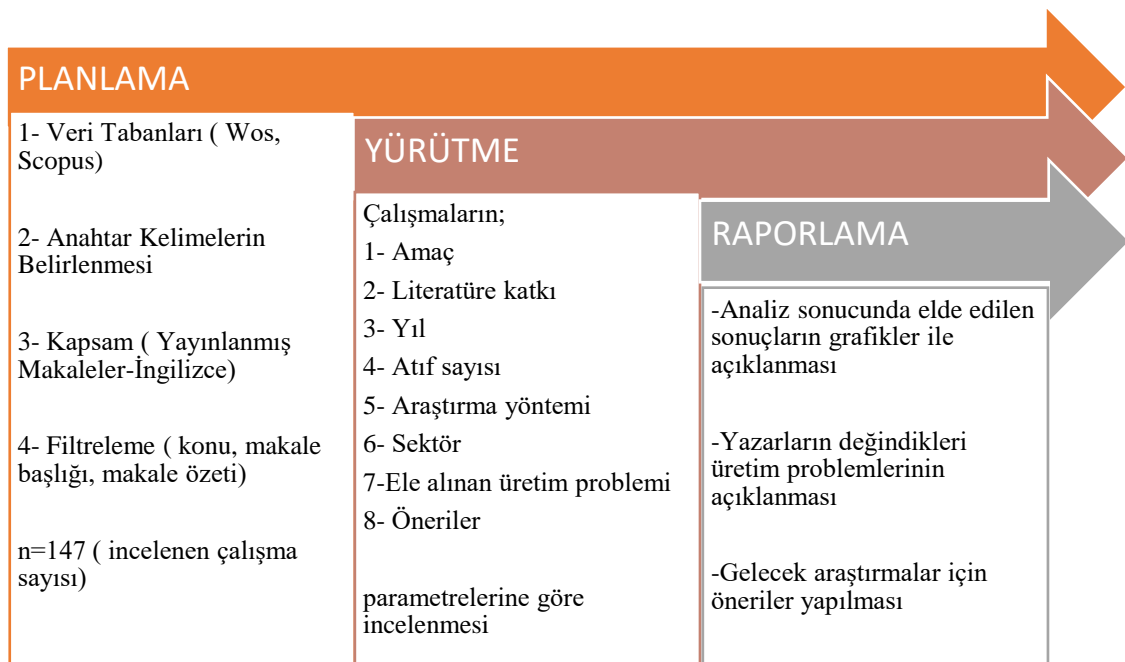
Tablo 15’te ise son 10 yılda en çok trend olan kelimelere yer verilmiştir. Görsele istinaden trend olan anahtar kelimeler mühendislik ve teknik ağırlıklıdır fakat eklemeli üretim, fabrikasyon, nanopattern gibi anahtar kelimelerle ilişkili çalışmalar üretim yönetimi konuları ile ilişkilendirilebilir.

Tablo 15. Son 10 Yılda Trend Olan Kelimeler (Rstudio Biblioshiny, 2024)



4.5.2. Sistematik Analiz Bulguları

Sistematik analiz, bibliyometrik analizin aksine nitel veriler üzerinde çalışır ve çalışmaların içeriği konusunda detaylara ulaşılmasını sağlar. Sistematik Analizi 3 ana başlıkta sıralanabilir. Arksey ve O'malley'e (2005) göre sistematik analiz ve literatür taramasının amacı mevcut ampirik verileri bir araya getirerek sentezlemek, araştırma bulgularının genellenebilirliğini araştırmak, ilişkilerin tutatlılığını incelemek ve mevcut bilgiyi sınıflandırmaktır.



Şekil 29. Sistematik Analiz Aşamaları (Küçün ve Duman, 2023)

Şekil 29'da belirtildiği üzere sistematik analizin ilk aşaması analizin planlamasını yapmasıdır. Çalışma verilerinin elde edileceği veri tabanları belirlenerek araştırmanın yapılacağı anahtar kelimeler saptanır. Sonrasında veri tabanlarından anahtar kelimelerle elde edilecek verilerin filtrelemesinin nasıl yapılacağı belirlenmelidir. Bu çalışmada konu, başlık ve özet olmak üzere tüm anahtar kelimeler için 3 adet filtreleme yapılmıştır. Bu üç aşama tamamlandıktan sonra veri adedi (çalışma adedi) belirlenir.

İkinci aşama yürütme aşamasıdır. Planlama aşaması sonucunda elde edilen verilerin yürütme aşamasında hangi parametreler ile inceleneceği belirlenir. Bu inceleme sonucunda özet bir tablo olarak veriler incelenir. Son olarak raporlama aşamasında analiz sonuçları grafik-tablolar ile sunulur, yazarların-çalışmaların değindiği konular belirlenerekve gelecek araştırmacılar için çıkarımlar ve öneriler verilir.

Bu çalışma için, performans ve bilimsel haritalama analizi yapılırken 2 adet veri tabanından tüm filtrelemeler dahil nano üretim kavramı için 2.577 adet WoS, 1.550 adet Scopus olmak üzere toplamda 4.127 adet çalışma incelenmiştir. Tüm filtrelemeler dahil edilerek yapılan bu analizde anahtar kelimelerin, çalışmanın referanslardan ve kaynakçasından da veriyi çektiği gözlemlenmiştir. Nano üretim ve üretim yönetimi ile alakalı olmayan birçok teknik makalenin de bu analizde yer aldığı saptanmıştır. Bu sebeple, nano üretim kavramının üretim yönetimi konuları ile doğrudan ilişkili çalışmalarına ulaşabilmek ve bu çalışmaların içeriğini analiz edebilmek amacı ile bu çalışmanın belirli anahtar kelimeler kullanılarak daraltılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu sebep ile 4.2 bölümünde belirlenen anahtar kelime ve kelime kombinasyonları ile WoS veri tabanı bazı filtrelemeler ile tekrardan taranmıştır. Filtrelemeler konu, makale başlığı ve makale özeti olacak şekilde yapılmış olup, WoS ve Scopus veri tabanlarından elde edilen çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir.

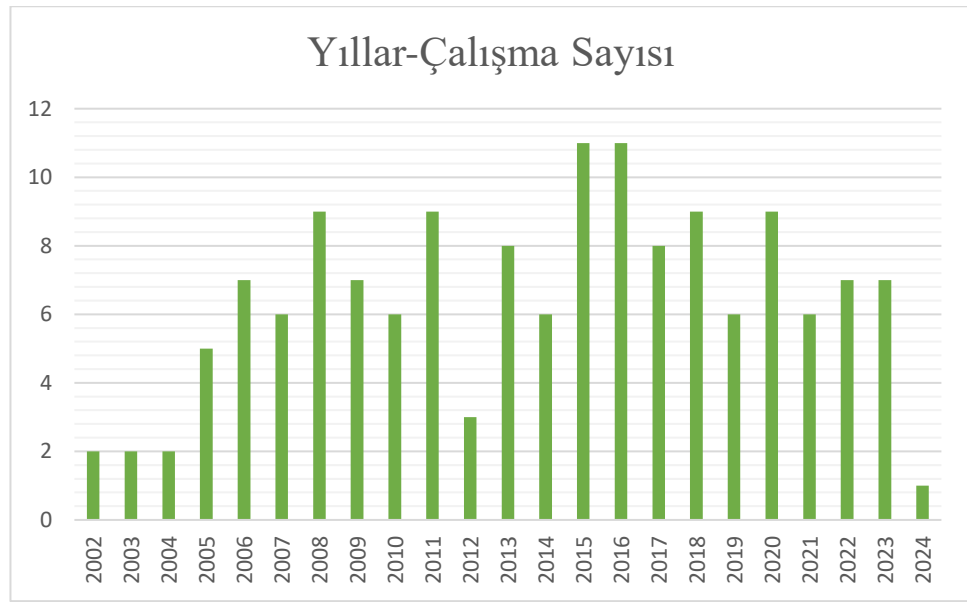
Bölüm 4.2’de belirtilen kelime kombinasyonlarının hepsi için iki veri tabanında “konu”, “makale başlığı” ve “makale özeti” filtrelemeleri yapılarak elde edilen veri seti sonucunda 292 çalışma belirlenmiştir. “Konu” filtrelemesi içerisinde başlık, özet ve yazar anahtar kelimelerini bulundurduğundan, filtrelemeden elde edilen bazı çalışmaların, “başlık” ve “özet” filtrelemelerinden elde edilen bazı çalışmalar ile aynı olduğu saptanmıştır. Her iki veri tabanında da ortak çalışmalara rastlanmış ve buna istinaden aynı olan makalelerden bir tanesi analize dahil edilmemiştir. Bu düzenlemeler yapıldıktan sonra toplamda 147 çalışmaya ulaşılmıştır.

Bölüm 4.2’de belirtilen kelime kombinasyonları ile yapılan tarama sonucunda elde edilen çalışmalar, aşağıda belirtilen parametrelerle bir Excel dosyasında analiz edilmiştir;

- Yazarlar
- Doküman Tipi
- Anahtar Kelimeler
- Atıf Sayısı
- Yayın Yılı
- Araştırma Alanı
- Çalışmanın Amacı
- Çalışmanın Literatüre Katkısı
- Araştırma Yöntemi
- Çalışmanın Sektörü/Endüstrisi
- Ele Alınan Üretim Problemleri
- Çalışmanın Vurgu Yaptığı Öneriler

Sistemantik analizi yapılan çalışmaların yayın yılları değerlendirildiğinde 2002-2024 yılları arasında 22 senelik bir süre zarfını kapsadığı gözlemlenmiştir ve Tablo 16'da belirtilmiştir.

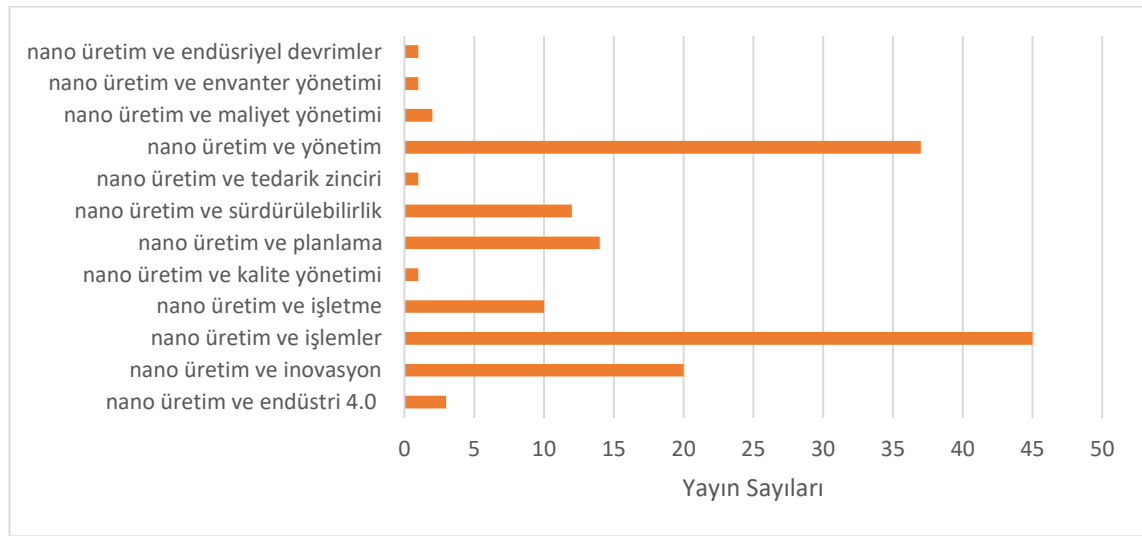
Tablo 16. Yıllara Göre Çalışmaların Dağılımı (WoS ve Scopus, 2024)



Nano üretim ve üretim yönetimi konularının ilişkili olduğu bu yayınlarda en çok 11'er yayın ile 2015 ve 2016 yılında yayın yapılmıştır. En az yayının ise 2002-2003-2004-2024 yıllarında yapıldığı gözlemlenmektedir.

Tablo 17'de çalışmaların kelime kombinasyonları incelendiğinde en çok çalışmanın “nano üretim ve işlemler” kombinasyonundan, en az çalışmaların ise “endüstriyel devrimler, envanter yönetimi ve tedarik zinciri” kombinasyonlarından elde edildiği gözlemlenmiştir. “Nano üretim ve işlemler” konulu çalışmalar ağırlıklı olarak Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Kimya Mühendisliği ve Elektronik Endüstrisi üzerine yoğunlaşmaktadır. Bunlarla birlikte Tarım, Enerji ve Optik Endüstrisi üzerine de yapılmış çalışmaların olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 17. Araştırma Kelime Kombinasyonlarına Göre Yayın Sayıları (WoS ve Scopus, 2024)

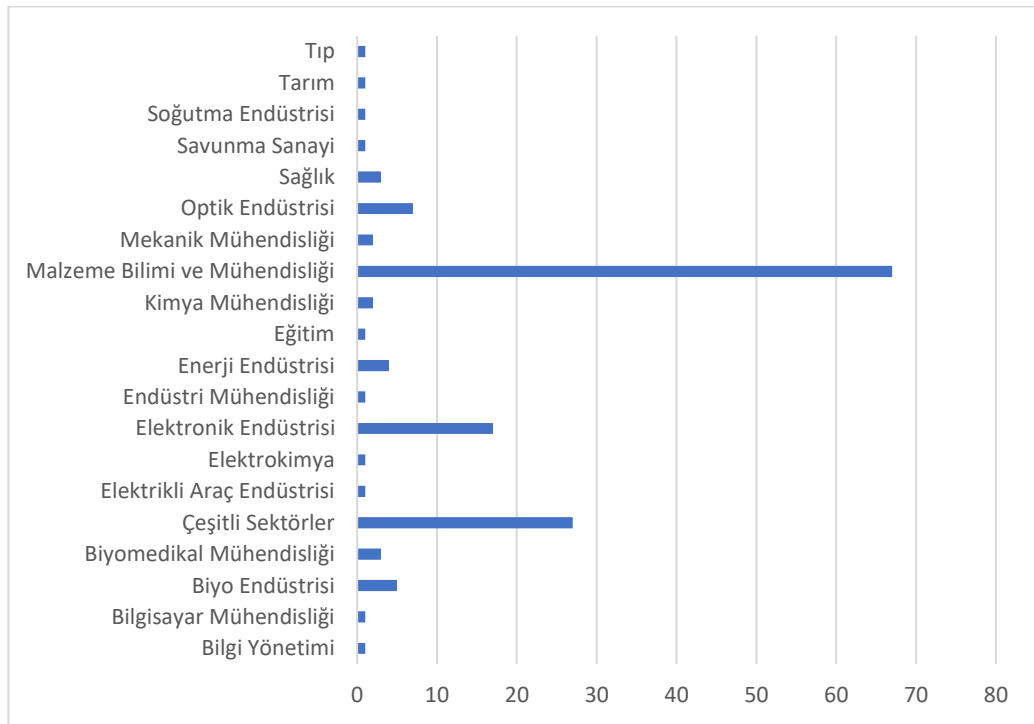


Çalışmaların sektörleri incelendiğinde, Tablo 18'de sektörlerin 20 başlıkta toplanmış olduğu gözlemlenmektedir. Bu 20 başlıkta yer alan başlıklardan biri “çeşitli sektörler”dir. Çeşitli sektörlerle odaklanan çalışmalar genel olarak literatür incelemesi ya da araştırma çalışmalarıdır. Model tasarımı ve uygulaması olan çalışmaların bir kısmı da çeşitli sektörlerle hitap etmektedir. Öneriler ve geliştirilen modellerin aşağıda belirtilen sektörlerde uygulanabilir olması hedeflenmektedir;

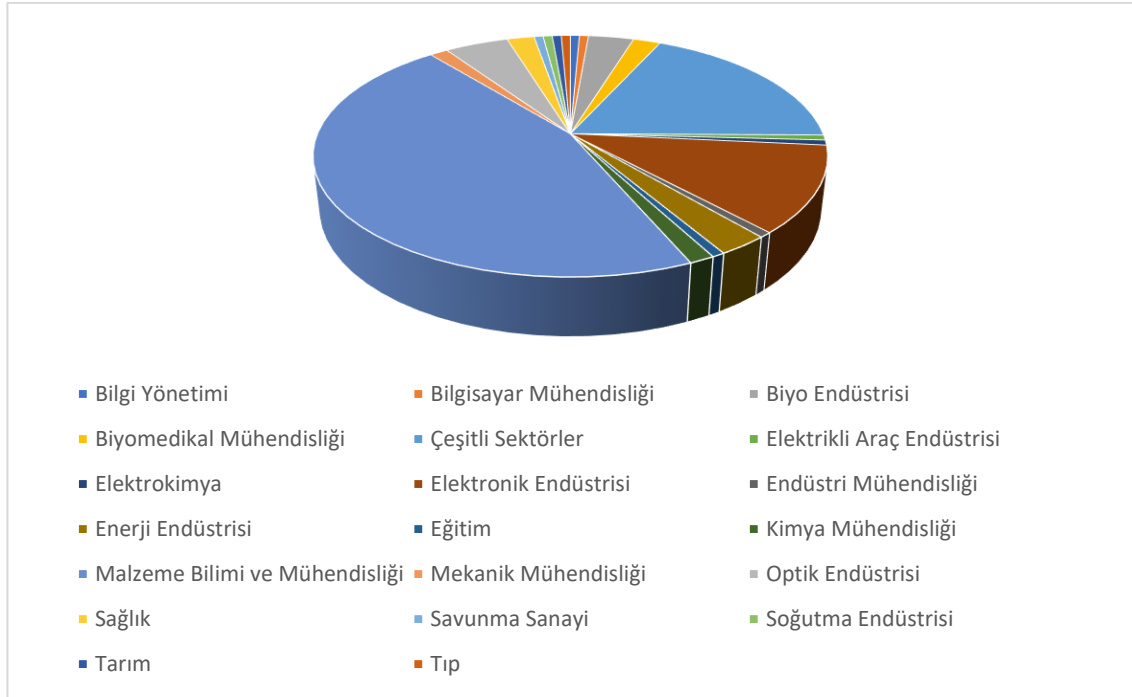
- ✓ İnşaat
- ✓ Enerji
- ✓ Otomotiv
- ✓ Havacılık
- ✓ Sağlık
- ✓ Gıda
- ✓ Güvenlik
- ✓ Optik

Çeşitli sektörler dışında kalan sektörler ile ilgili dağılım tablosu Tablo 18'de belirtilmiştir.

Tablo 18. Yayın Sayısının Sektörel Dağılım (WoS ve Scopus, 2024)



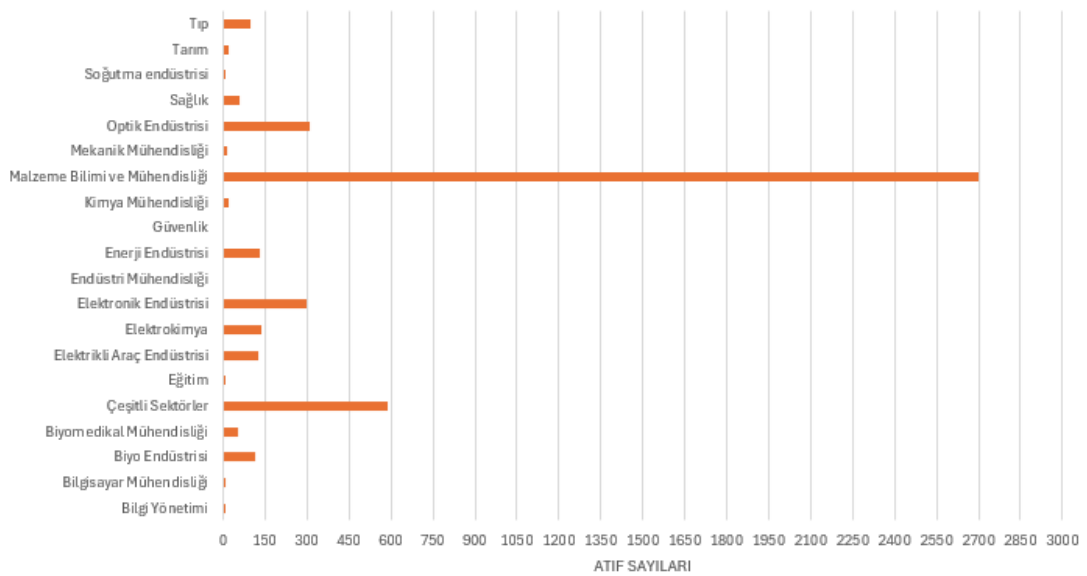
En çok çalışmanın Malzeme Bilimi ve Mühendisliği alanında yapıldığı gözlemlenmiştir. Çeşitli Sektör ve Elektronik Endüstrisi kategorileri 27 ve 18 çalışma ile 2. ve 3. en çok çalışma yapılan sektör olmuştur. Şekil 30'da bu dağılım gösterilmiştir.



Şekil 30. Sektör-Çalışma Sayısı Yüzdesel Dağılımı (WoS ve Scopus, 2024)

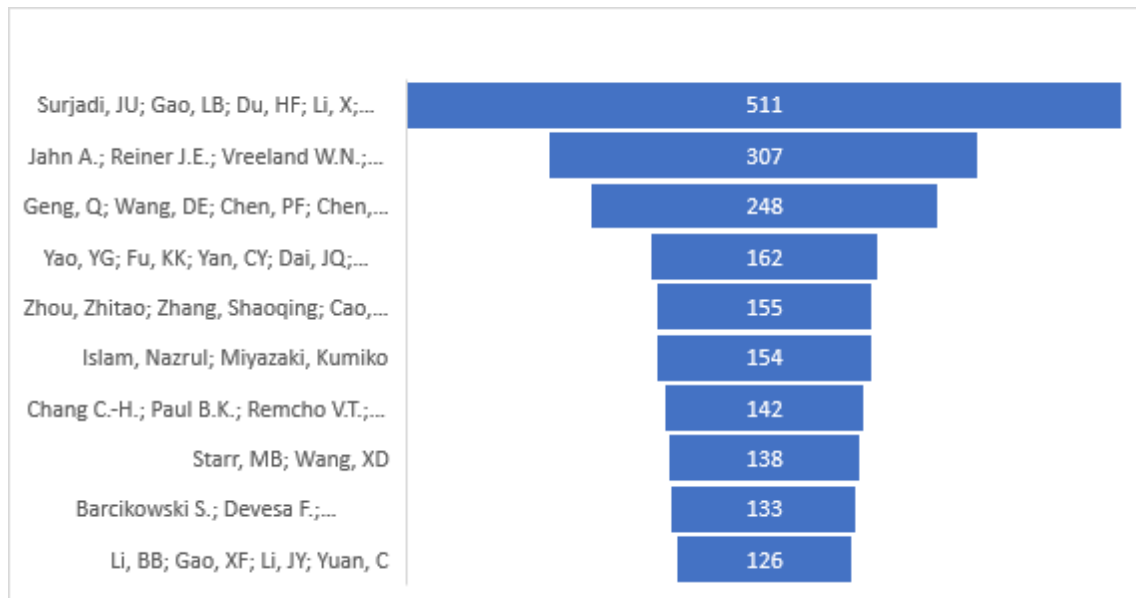
Yüzdesel dağılım sonucuna paralel olarak en çok çalışmalarına atıf yapılan sektörler de aynı şekilde Tablo 19’da belirtildiği üzere Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Elektronik Endüstrisi ve Çeşitli Sektörler grubudur.

Tablo 19. Sektörel Bazlı Atıf Sayıları (WoS ve Scopus, 2024)



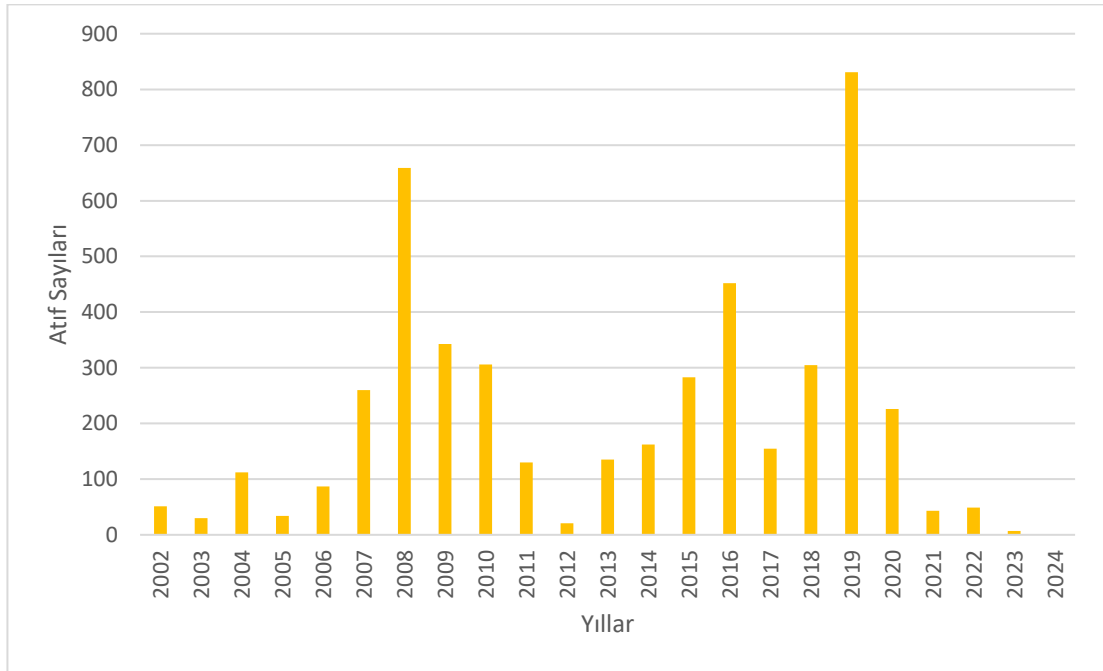
İncelenen çalışmalara toplamda tüm veri tabanlarında 4.673 adet atıf yapılmıştır. En çok atıf alan yazarlar Surjadi ve arkadaşları, Jahn ve arkadaşları, Geng ve arkadaşlarıdır. En çok atıf alan ilk 10 yazar Tablo 20’de belirtilmiştir.

Tablo 20. En Çok Atıf Alan Yazarlar (Wos ve Scopus, 2024)



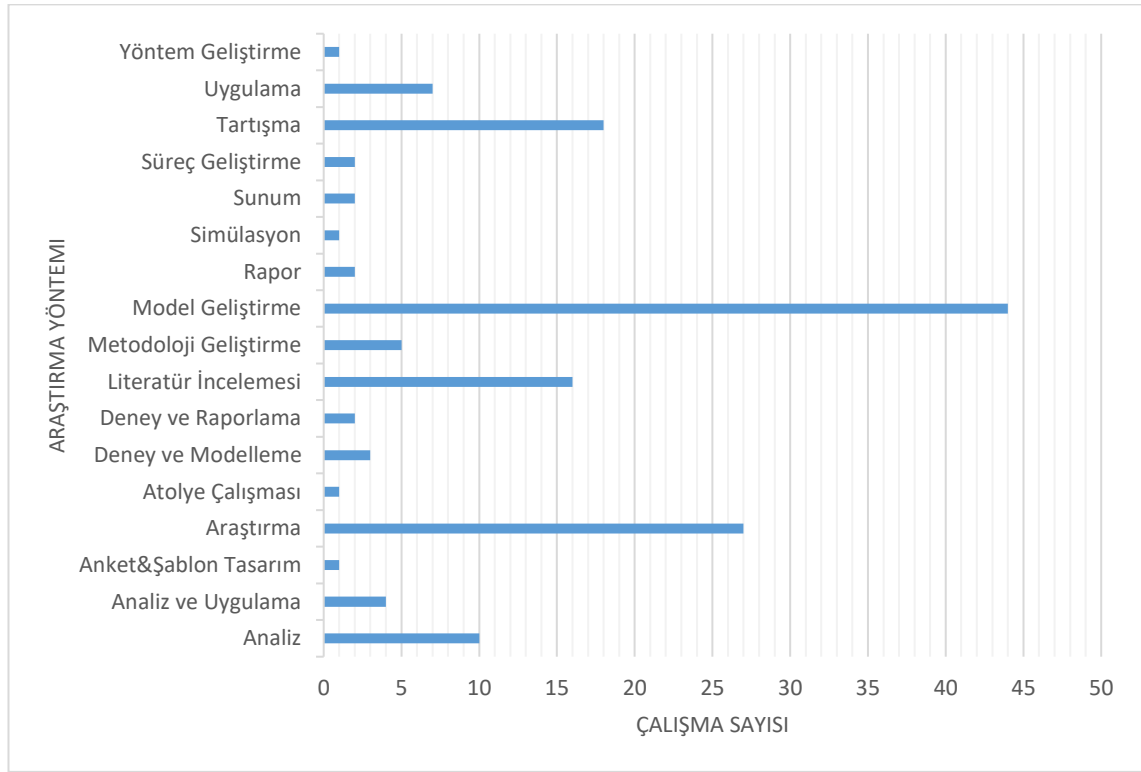
En çok atıf alan yazarların çalışmaları incelendiğinde, birçok üretim problemine değinildiği ve öneriler verildiği saptanmıştır. En çok atıf alan yazarların ve çalışmalarının değindiği bazı nano üretim problemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Nano komponent üretiminin ve kullanımının insan sağlığı ve çevre üzerindeki potansiyel olumsuz etkileri,
- Üretimde ortaya çıkabilecek kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşabilecek güvenlik açığı,
- Nano üretimde hızlı ve etkili ısı sağlayabilecek teknoloji eksikliği,
- Üretilecek nano malzemelerin sınıflandırılması ve kategorize edilmesinin bilinmezliği,
- Verimlilik ve süreç kontrolü eksikliği,
- Yüksek üretim maliyeti ve üretim hızının yavaş olması,

Tablo 21.Yıllara Göre Atıf Sayısı (WoS ve Scopus, 2024)

Tablo 21'e göre, atıf sayısı yıl bazlı incelendiğinde ise çalışmalara en çok atfın 2019 yılında yapıldığı görülmektedir. Son 4 yılda ise atıf oranlarında ciddi bir düşüş gözlemlenmektedir. Gözlemlenen düşüş sonucunda nano üretim ve üretim yönetimi kavramları konusunda yapılan çalışmaların son zamanlarda azaldığına dair bir yorum yapılabilir. Çalışmaların araştırma yöntemleri incelendiğinde ise yaklaşık 20 senelik periyotta en çok Modelleme (model geliştirme, model tasarımı) ve araştırma, tartışma ve literatür incelemesi yapılmış olduğu Tablo 22'de gözlemlenmektedir.

Ağırlıklı olarak teknik makalelerin çoğu model geliştirme yöntemi ile yeni olan nano üretim tekniklerini geliştirmeye yönelik gelişim önerileri ve çözümler sunmaktadırlar. Nano üretim riskleri, çevresel ve sağlık faktörleri, maliyetler, güvenlik sorunu üzerine araştırmalar yapılarak literatür detaylı taranmıştır, iki adet literatür incelemesi bulunmaktadır.

Tablo 22. Araştırma Yöntemi ve Yayın Sayıları (WoS ve Scopus, 2024)

4.5.3. ULAKBİM TR Dizin Bulguları

Bibliyometrik analiz yapılırken WoS ve Scopus veri tabanlarından elde edilen verilere ek olarak nano üretim ile ilgili ULAKBİM TR Dizin’de konu ile ilgili yayınlanan çalışmaların değerlendirilmesi verilecektir.

ULAKBİM, Türkiye’nin ulusal bir bilgi merkezidir. Basılı ve elektronik bilgi kaynaklarına hızlı erişim sağlayabilmektedir. Türk araştırmacılar için iş birliği ağının kuvvetlenmesine ve bilimsel katkı seviyesinin artmasına yardımcı olan bir merkezdir. ULAKBİM’in amacı, araştırmacıların bilgi gereksinimlerini karşılamalarında teknolojik kolaylık sağlamasıdır (Yetkin, 2003).

TR Dizin; Fen Bilimleri ve Sosyal Bilimler, Diş Hekimliği, Eczacılık, Mühendislik, Temel Bilimler, Sağlık Bilimleri, Veterinerlik, Sosyal ve Beşeri Bilimler alt konu alanlarında dergilerden oluşmaktadır.

TR Dizin'in kapsamını oluşturan ulusal bilimsel dergiler, ULAKBİM TR Dizin uzmanları ile ilgili konu alanlarındaki uzman ve akademisyenlerden oluşan komiteler tarafından dergi değerlendirme kriterlerine bağlı olarak seçilmektedir.

TR Dizin sonucunda İngilizce olarak “nano üretim” kelimesi ile tarama yapıldığında herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. “nano üretim” kelime öbeği ile Türkçe tarama yapıldığında ise herhangi bir yıl sınırlandırması yapılmaksızın toplamda 128 yayına ulaşılmıştır.

Nano üretim başlıklı çalışmaların ağırlıklı olarak mühendislik ve teknik temalı olduğu belirlenmiş, çalışmalarda üretim yönetimi süreçlerine ilişkin herhangi bir detaylı incelemeye rastlanmamıştır.

4.5.4 Ulusal Tez Merkezi Bulguları

Nano üretim konusunda zaman kısıtlaması yapılmadan tez taraması yapıldığında, bu konu ile ilgili herhangi bir tez bulunmamıştır. Nanoteknoloji için ise toplamda 119 tez bulunmaktadır fakat bu tezlerde de üretim yönetimi ile ilgili herhangi bir konuya değinilmemiştir.

ULAKBİM ve Ulusal Tez Merkezi verileri, bu çalışmada yapılan bibliyometrik ve sistematik analizde yer verilmemiştir. Bunun sebebi, bu platformlarda üretim yönetiminde nano üretim kavramına değinen herhangi bir çalışmanın bulunmamasıdır. Bu çalışmanın, Ulusal Tez Merkezinde yayınlanmış bu konudaki ilk tez çalışması olması hedeflenmektedir.

SONUÇ VE GENEL DEĞERLENDİRME

Nanoteknoloji, 1950’li yıllarda ortaya çıkmış ve geleneksel mikroskoplarla görüntülenemeyecek kadar küçük bir ölçü birimi olan nano ölçü düzeyinde geliştirilen bir teknolojidir. Amerikan fizikçi Richard Feynman’ın bir tasviri ile ortaya çıkmış bu teknoloji, başta Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere birçok devletin bu teknoloji ile ilgili çalışmalara çok hızlı bir şekilde yatırım yapması ve teşvik etmesi ile günümüze kadar gelişerek gelmiştir.

Nanoteknolojinin gelişmesi ile tüm dünyada ve Türkiye’de özellikle gıda, sağlık, savunma sanayi gibi belli başlı alanlardaki hızlı gelişmeler nano ölçekte üretim konusunu da beraberinde getirmiştir. Hızlı bir şekilde geliştirilen başta yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya üretim teknikleri ile nano üretim kavramı da önem kazanmaya başlamıştır.

Nano üretim; malzeme bilimi ve mühendislik, elektronik endüstrisi, enerji endüstrisi, optik endüstrisi ve sağlık, güvenlik, teknoloji alanlarında önemli ilerlemeler sağlayan, nanometre ölçeğinde malzemelerin ve cihazların üretilmesi süreçlerini kapsamaktadır. Hızla gelişen nanoteknoloji ile nano üretim teknikleri ve trendleri gün geçtikçe artış göstermeye devam etmektedir. Yeni bir konu olmasından dolayı gelişime açık bir alan olan nano üretim konsepti ile ilgili çalışmaların sadece mühendislik ve teknik açıdan değil, tüm üretim süreçlerini ve paydaşlarını kapsayacak şekilde incelenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar, nano üretim tekniklerinin artmasına, süreçlerin iyileşmesine, hata payının düşmesine ve maliyetlerin azalmasına yardımcı olacaktır.

Çalışmanın başlangıcında, üretim denilince akla gelen birçok kavram ve sürecin nano üretimde nasıl incelendiği ve nano üretim sürecine dahil edilip edilmediği incelenmiştir. Bu çalışma, üretim yönetimi alanında, nano üretim kavramının bibliyometrik ve sistematik analizi, bu teknolojinin gelişimi, uygulama alanları ve araştırma trendleri üzerine derinlemesine bir bakış sunar. İki farklı veri tabanından elde edilen çalışmaların anahtar ve ortak kelimeleri incelenerek çalışmaların çalışma odağının bulunması

hedeflenmiştir. Çalışmaların ağırlıklı olarak hangi ülkelerde, hangi yazarlar tarafından yazıldığı, kaç atıf aldığı gibi bilgilere ulaşmak hedefiyle yapılan bibliyometrik analiz sonucunda çalışmaların temeli ile ilgili bilgi edinilmesi amaçlanmıştır. Bibliyometrik analiz yöntemi ile tablo, grafik ve bilimsel haritalama teknikleri kullanılarak yorumlar yapılmıştır. Ek olarak, tümden gelim yöntemi ile geniş bir veri setinden, belirli kelime kombinasyonları ve filtrelemeler ile tarama yapılarak nano üretimin üretim yönetimi ile ilişkili çalışmaları elde edilmiş ve bu çalışmalara bir sistematik analiz yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına istinaden temel çalışmaların ve literatürdeki boşluğun tanımlanması ve bu tezin gelecek araştırmacılara ve literatüre katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Nano üretim konusundaki literatürdeki çalışmaların az ve yetersiz olmasının tespiti ile bu tez çalışmasında bibliyometrik analiz yapılarak çalışmaların çerçevesi belirlenmiştir. Bibliyometrik analiz için iki temel akademik veri tabanındaki çalışmalar incelenmiştir. Bibliyometrik analiz yapan tezler incelendiğinde daha çok WoS veri tabanından elde edilen verinin analizinin yapıldığı gözlemlense de nano üretim alanındaki çalışmaların azlığı nedeni ile Scopus veri tabanından elde edilen veri de bu araştırmaya dahil edilmiştir.

WoS veri tabanından yapılan İngilizce başlıklı taramalarda nano üretimin doğrudan İngilizce literatürdeki karşılığı olan “nano üretim” kelimesi ile araştırma yapılmıştır. Bunun sonucunda WoS veri tabanında 2.577 çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmaların yayın yılları bulgularına göre, 1950’li yıllarda ortaya çıkan nanoteknoloji kavramıyla doğrudan ilişkili nano üretim kavramı için 2003 yılına kadar çok az yayın olmasından dolayı detaylı bir çalışma yapılmadığı yorumu yapılabilir. En çok yayının WoS için 2019, Scopus için 2009 yılında ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. 2009 yılı ve sonrasında yayınların yükseliş trendi devam etmiştir ve nano üretim kavramı için çalışmaların önceki yıllara oranla daha fazla yapıldığı gözlemlenmiştir. WoS için Shao JY, Scopus için Postek en çok bu konu ile ilişkili yayınları bulunan yazardır fakat çalışmaların temaları incelendiğinde nano üretimin teknik ve mühendislik ağırlıklı konulara değindiği saptanmıştır.

WoS'dan elde edilen veri setine istinaden yüksek oranda atıf alan (100 üzeri) 185 çalışmaya ulaşılmıştır. En çok atıf alan yazarlar Gao, Wei ve Bariya'dır ve çalışmaları incelendiğinde, çalışmalarında nano üretim tekniklerinden bahsedildiği fakat herhangi bir üretim yönetimi veya süreci üzerinde durulmadığı tespit edilmiştir. Bünyesinde yapılan çalışmalarına en çok atıf alan organizasyonlar incelendiğinde 3 ana organizasyona ulaşılmaktadır, bunlar sırasıyla Kaliforniya Üniversitesi-Berkeley, Michigan State Üniversitesi ve Purdue Üniversitesi'dir. Nanoteknoloji ve nano üretim kavramlarının ortaya çıktığı ve bu alana en çok yatırımın Amerika Birleşik Devletleri'nde olduğu bilindiğinden, ağırlıklı olarak kurumların ve yazarların bu ülkeden olduğu da bu durumu destekler niteliktedir. Çalışmaların en sık yapıldığı ve çalışmalarına en çok atıf alan ülkelerin ikincisi ve üçüncüsü Çin ve Güney Kore'dir.

Çalışmaların yayınlandığı dergiler incelendiğinde 'Advanced Materials', 'ACS Applied Materials', 'ACS Nano' ve 'Journal of Nanoparticles Research' akademik dergileri en çok çalışması olan ve bünyesindeki çalışmalarına atıf yapılan dergilerdir.

En çok aynı kaynağa atıf yapan çalışmaların bulunduğu ülke de Amerika Birleşik Devleti'dir. Bibliyometrik analiz tekniklerinin hepsinin kullanılarak yapılan çalışmada elde edilen bulgular genelde çalışmaların Amerika Birleşik Devletleri'nde elde edilmesi ve bunu takiben Çin, Güney Kore, İngiltere, Almanya gibi ülkelerin de çalışmalarının bulunmasının yanı sıra, bu çalışmalar veya kuruluşlar arasındaki ağ ilişkilerinin az olduğu tespit edilmiştir. Bu tespitin sonucunda nano üretim alanında yapılan çalışmaların daha da geliştirilmesi için iş birliği ve ortak çalışmalara önem verilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

WoS veri tabanından elde edilen verinin yetersizliği sebebi ile Scopus veri tabanındaki çalışmalar da incelenmiştir. Scopus veri tabanından yapılan İngilizce başlıklı taramalarda nano üretimin doğrudan İngilizce literatürdeki karşılığı olan "nano üretim" kelimesi ile araştırma yapılmıştır. Bunun sonucunda toplamda 1.550 çalışmaya ulaşılmıştır. Scopus verilerine göre sadece 3 yazarın nano üretim ile ilgili 5'ten fazla çalışması olduğu saptanmıştır, bu yazarlar Postek, Cooper ve Huang'dır. Çalışmaların kurumları incelendiğinde tüm kurumların Amerika Birleşik Devletleri kurumları olduğu ve atıf

olarak incelendiğinde ise ABD’yi Çin, Güney Kore ve Japonya’nın takip ettiği gözlemlenmiştir. Scopus verilerinin bibliyometrik analizindeki genel terimleri değerlendirildiğinde üretim yönetimi terimlerine rastlanmamıştır. Yazılan makalelerin nano üretim ile ilgili temalarının teknik ve mühendislik konuları olduğu saptanmıştır.

Sistemik analiz sonucu nano üretimin üretim kavramları ile ilişkili çalışmalarından elde edilen bilgilere göre, en çok Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Elektronik Endüstrisi ve bununla birlikte çeşitli sektörler (havacılık, enerji, sağlık, tarım, optik vb. uyarlanabilecek çalışmaların yapıldığı saptanmıştır. En çok çalışma 2015-2016 yılında yayınlanmıştır ve incelenen çalışmalara en çok atıf 2019 yılında yapılmıştır.

Analiz sonuçları, nano üretim konusunda yapılan araştırmaların son 22 yılda baskın olduğunu göstermektedir. Son 22 yıldaki çalışmalar, nano ölçekli malzemelerin ve teknolojilerin endüstriyel uygulamalarda, özellikle yüksek performanslı malzemeler, tıp, elektronik ve enerji depolama sistemleri gibi alanlarda giderek daha fazla önem kazanmasından kaynaklanmaktadır. Günümüz ve geleceğin teknolojisi yapay zekâ ve Endüstri 5.0’da da nano üretimin önemini vurgulamak gerekmektedir. Yapay zekâ, nano üretim süreçlerini optimize etmek, hataları azaltmak ve ürün kalitesini artırmak için kullanılabilir. Endüstri 5.0 da ise insan odaklı bir yaklaşım benimsenerek iş birliği ve kişiselleştirmenin artırılması hedeflenmektedir. Bu bağlamda, nano üretiminin geleceği, yapay zekâ destekli yenilikler ve insan-makine etkileşimi ile şekillenerek sürdürülebilir, verimli ve esnek üretim süreçlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Analiz, ayrıca araştırma çalışmalarının coğrafi dağılımı konusunda da önemli bulgular sunmaktadır. Özellikle Amerika, Asya Ülkeleri, Almanya, İngiltere ve Hollanda nano üretim alanında önemli katkılar sağladığı gözlemlenmiştir. Bu coğrafi dağılım, nano üretim teknolojisinin küresel ölçekteki etkisinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir.

Araştırmalarda sıkça kullanılan anahtar kelimeler ve konuların analizi, nano ölçekli malzemeler, nanoteknoloji, nano fabrikasyon ve nano mühendislik gibi konuların bu alandaki araştırmalarda merkezi bir rol oynadığını göstermektedir. Bu anahtar kelimeler,

araştırma ve geliştirmenin odaklandığı temel alanları ve nano üretim teknolojisinin çeşitli disiplinlerle olan iletişimini yansıtmaktadır.

Çalışmaların ağırlıklı araştırma yöntemlerinin araştırma, tartışma, literatür incelemesi ve model geliştirme olması, araştırmacıların bu alanda yapılan çalışmalara ilgi duyduğu ve nano üretim kavramını geliştirmeye ve süreçleri kolay hale getirmeye yönelik model/sistem önerilmesi konusunda istekli oldukları sonucunu vermektedir.

Yayımlar arasındaki atıf ağları ve iş birliği görsel ağ haritalarının incelenmesi, nano üretim alanında henüz güçlü bir araştırma ağı ve çok yaygın bir disiplinler arası iş birliğinin olmadığını ortaya koymaktadır. Bilimsel ilerlemenin hızlanmasına ve nano üretim teknolojilerinin yeni uygulama alanlarına uyarlanmasına olanak sağlanabilmesi için bu iş birlikleri ve atıf ağları önemlidir.

Nano üretim kavramı konusunda literatürdeki çalışmaların az olması ve aynı zamanda üretim tekniklerinde boşlukların olması sebebi ile çalışmalarda belirli nano üretim sorunlarına değinilmiştir.

Karşılaşılan nano üretim sorunları üç ana başlıkta toplanmıştır.

Teknik Sorunlar: Genel olarak mühendislik sektöründe yapılmış çalışmalarda nano malzemelerin karmaşık yapılarına, üretimdeki şarj-batarya yetersizliğine, küçük boyutlardaki üretimde hata paylarının fazlalığına, nano malzemelerin sentezlenme zorluğuna, deformasyon sorununa, kontrol eksikliklerine, sınırlı malzeme olması, üretimde ürünlerin yapışma riskine, toksik kimyasal kullanma zorunluluğuna, üretim sırasındaki kütle ve ısı transferi sınırlamalarına, nano malzemelerin boyutlarından kaynaklı üretim sırasındaki hassasiyet sorunlarına değinilmiştir.

Çevresel ve Sosyal Sorunlar: Çalışmalarda değinilen üretim sorunlarının bir kısmı çevresel faktörler ve etkilerle ilgilidir. Özellikle üretim sırasındaki enerji fazlalığı beraberinde yüksek enerji tüketimi sorunlarını getirmektedir. Ek olarak, nano

malzemelerin yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek çevresel ve sağlık riskleri ve bu risklerin üretimden itibaren tanımlanması ve yönetimindeki eksikliklere, üretimde ortaya çıkabilecek kimyasal reaksiyonların açabileceği sağlık ve güvenlik problemlerine, atık gaz emisyonlarına, kimyasal etkileşim sonunda ürünün yapısının bozulmasına değinilmiştir.

Süreç Sorunları: Ele alınan üretim problemleri operasyonel olarak incelendiğinde yüksek maliyet, verimliliğin ölçülmesindeki kontrol eksikliği, kalite ve güvenlik eksigi, üretim personelinin yeni üretim tekniklerine ve değışime direnci, sürdürülebilirlikteki belirsizlik, süreç kontrolünün eksikliği, süreçlerin yeni kuruluyor olmasından kaynaklı belirsizlikler, üretim sürelerinin ayarlanamaması, öngörülemeyen hataların ihtimalleri üzerinde durulduğu gözlemlenmektedir.

Analizler sonucunda, üretim yönetimi kavramlarının nano üretim literatüründe yer aldığı ve bir ilgi alanı olduğu gözlemlenmişse de verilerin ve çalışmaların azlığına da vurgu yapmak gerekmektedir. Üretim, çok geniş ve hammadde temini sürecinden müşteri teslimine kadarki bütün süreçleri kapsayan bir kavramdır. Özellikle nanoteknoloji gibi hızla büyüyen ve önemli bir teknolojinin ve buna bağlı olarak nano üretimin verimliliği için üretim kavramı bütünüyle ele alınmalı ve üretimin tüm süreçleri nano üretim tekniklerine uyarlanmalıdır. Analiz, son yirmi yılda bu konuda yapılan yayın sayısının yer yer artış, yer yer azalış gösterdiğini vurgulamaktadır. Özellikle artış olan yıllarda teknolojik inovasyonların ve nano ölçekli malzemelerin endüstriyel uygulamalardaki potansiyelinin artan farkındalığı olabileceği yorumu yapılabilir.

Nano üretimin sadece malzeme bilimi ve mühendislik disiplinlerinde değil, aynı zamanda üretim yönetimi pratikleri ve stratejileri üzerinde de önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Özellikle enerji, sağlık, elektronik ve çevre gibi çeşitli sektörlerde nano üretim teknolojilerinin kullanımının artması, bu alandaki araştırma ve geliştirmenin pratik uygulamalarının önemini vurgulamaktadır. Bu teknolojinin uygulanması, üretim süreçlerinde verimliliği artırma, maliyetleri düşürme ve ürün kalitesini iyileştirme potansiyeline sahiptir. Buna karşın, nano üretim teknolojilerinin uygulanmasının

önündeki engeller, araştırma ve geliştirmenin yanı sıra üretim literatürde daha dikkatle ve detaylı incelenmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Nano malzemelerin üretimi ve kullanımı sırasında özellikle çevresel ve sağlık üzerindeki potansiyel etkiler ve engellerin tartışılıyor ve inceleniyor olması çalışmaların ve araştırmacıların sadece teknolojik ilerlemeye değil, aynı zamanda etik ve sürdürülebilir uygulamalara da odaklandığını göstermektedir.

Analizin ortaya koyduğu coğrafi dağılım, nano üretim araştırmalarının küresel bir konu olduğunu ve özellikle teknolojik olarak gelişmiş ülkelerde yoğunlaştığını göstermektedir. Ancak, bu teknolojik ilerlemenin dünya genelinde eşit olarak dağılmadığı ve gelişmekte olan ülkelerin bu alanda kapasite oluşturma ve teknoloji transferi konusunda zorluklar yaşadığı yorumu yapılmaktadır.

Anahtar kelimelerin, araştırma yöntemlerinin, sektörlerin ve konuların analizi sonucunda, nano üretimin çok disiplinli bir alan olduğunu ve çeşitli uygulama alanlarına sahip olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bununla birlikte, araştırma ve uygulamada disiplinler arası iş birliğinin eksikliği nedeni ile nano üretim çok disiplinli bir alan olsa da bilgi transferi konusunda eksikliklerin olabileceği öngörülmektedir. Ayrıca, endüstri 4.0 ve sürdürülebilir üretim gibi güncel konularla olan ilişkisi, nano üretimin gelecekteki araştırma ve uygulamalar için zengin bir alan sunabileceğini işaret etmektedir fakat endüstri 4.0 ve sürdürülebilirlik üzerine nano üretim ile ilgili çalışmaların artması gerekmektedir.

Bibliyometrik ve sistematik analiz, üretim yönetiminde nano üretim konusunda yapılan araştırmalara dair kapsamlı bir bilgi sunmaktadır. Benzer konular ile ilgili yürütülecek çalışmalarda, elde edilen analiz bulguları literatüre katkı sağlamak, mevcut araştırmaları anlamak ve yeni çalışmalar için temel oluşturmak amacıyla kullanılabilir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen nano üretim kavramının bibliyometrik analizi, önemli bulgular ve eğilimler ortaya koymasına rağmen, bazı kısıtlar içermektedir. İlk olarak,

bibliyometrik analiz, sadece iki veri tabanındaki yayınlanmış literatüre dayanmaktadır. Bu, güncel araştırmaların ve henüz yayınlanmamış çalışmaların ya da bu iki veri tabanı dışındaki alanlarda yayınlanmış çalışmaların analize dahil edilememesi anlamına gelmektedir. Dahil edilmeyen çalışmalar, özellikle hızlı gelişen alanlarda, analizin tam kapsamlılığını sınırlayabilmektedir.

Veri tabanlarının seçimi ve erişilebilirliği, çalışmanın kapsamını dolaylı olarak etkileyebilir. Veri setinin elde edilme güçlüğü sebebi ile bazı veri tabanlarının kapsam dışı bırakılması, bazı önemli yayınların göz ardı edilmesine yol açabilir. Çalışmada kullanılan veri tabanlarının seçimi, genel eğilimleri ve anahtar kavramları yansıtacak Şekilde dikkatlice yapılmış olmasına rağmen, tüm ilişkili çalışmaları kapsayacak bir erişim sağlanamamış olabilir.

Ek olarak, bibliyometrik analiz genellikle niceliksel verilere dayanır ve bu nedenle, analiz edilen yayınların kalitesi veya araştırmaların içerik derinliği hakkında sınırlı bilgi sağlamaktadır. Özellikle yeni gelişen alanlarda ve verisi az olan alanlarda, çalışmaların kapsamlılığını ve etkisini tam olarak yansıtamayabilir. Çalışmada, bu durumla karşılaşılmaması adına bu çalışmada bibliyometrik analizin yanında veri seti özelleştirilerek seçilen çalışmaların detaylı sistematik analizi de yapılmıştır.

Bir diğer kısıt, çalışmanın İngilizce dilindeki yayınlara ve kaynaklara odaklanmış olmasıdır, bu da diğer dillerde yapılan önemli çalışmaların gözden kaçırılmasına sebebiyet verebilir. Özellikle Asya lkelerinde ve Rusya'da yapılan çalışmalara genellikle ulaşılamamaktadır. Bu durum, küresel araştırma eğilimlerini tam olarak yansıtma da bir eksikliğe yol açabilir.

Literatürde benzer bir çalışmanın yapılmamış olması nedeniyle, çalışmanın başka herhangi bir çalışma ile karşılaştırmasının yapılamaması da bir başka kısıttır.

Son olarak, bu çalışma konusu nezdinde yapılan çalışmaların azlığı ve veri eksikliği sebebi ile özellikle bilimsel haritalama yapmak zorlaşmıştır. Bu nedenle de veri seti özelleştirilerek sistematik analiz de eklenmiştir.

Bu kısıtlar, gelecekteki araştırmalar için potansiyel fırsatlar sunabilir. Özellikle, daha geniş veri tabanlarına erişim, dil bariyerlerinin kırılması ve niteliksel analizlerin de süreçlere dahil edilmesi gibi durumlar, nano üretim alanındaki çalışmaların kapsamını ve derinliğini artırabilir.

Çalışmanın önerileri veri tabanları ve programlar, iş birlikleri, endüstriyel uygulamalar, eğitim ve farkındalık, üretim problemleri gibi alanlarda belirlenmiştir. Öneriler yedi başlıkta toplanmıştır;

1. Öneri: Analiz Gelişimi: Hem bibliyometrik analiz hem de veri tabanları için farklı programlar kullanılarak araştırma kapsamı genişletilerek daha fazla bilgiye ulaşılabilir.

Çalışmada kullanılan WoS ve Scopus veri tabanları, sınırlı bir veri kaynağını temsil etmektedir ve özellikle bibliyometrik analiz için veri elde edilebilen kaynaklardır. İki veri tabanından elde edilen çalışmalar kısıtlı olduğundan, gelecek araştırmacılar, farklı veri tabanlarını (Google Akademik, PubMed, Core) da inceleyerek ve nanoteknoloji ile ilgili spesifik dergilerdeki güncel yayınları da takip ederek daha geniş bir veri seti elde etmeyi hedefleyebilirler. Daha geniş veri setinin kullanımı, daha geniş bir literatürü kapsayarak farklı çalışmaların bulunmasını sağlayacak ve nano üretim kavramı ile ilgili gelişmelerin takibini kolaylaştıracaktır.

Ek olarak gelecek araştırmalarda bibliyometrik analiz yapacak araştırmacılar için Vosviewer haricindeki başka programların da incelenmesi önerilir. Vosviewer her ne kadar arayüz ve kullanım olarak kolay olsa da veri seti formatını ve veri tabanlarını kısıtlayan bir programdır.

Vosviewer'a alternatif bibliyometrik farklı analiz programları da mevcuttur. Farklı analiz programları örnekleri;

- **Citespace;** metin görselleştirmeye yardımcı olan bu program, belirli araçları kullanarak bibliyometrik analiz sonuçlarını görselleştirir (Su v.d., 2019).
- **Gephi;** açık kaynak kodlu bir ağ görselleştirme programıdır.
- **BibExcel;** bibliyografik verileri analiz etmek amacıyla kullanılan açık kaynaklı bir yazılım programıdır (Tanudjaja, 2017).
- **Ucinet;** sosyal ağ analizlerinde kullanılan bir yazılımdır.
- **Pajek;** büyük boyutlu ağlar için ağ karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bir yazılımdır.
- **Vantage Point;** metin madenciliği yapan bir bibliyometri yazılımıdır (Chaudhuri v.d., 2021). Ham veri üzerinde yrı ayrı düzenleme ve analiz yapabilir.

2. Öneri: Disiplinler Arası Araştırma ve İşbirliğini Teşvik Etme: Nano üretim teknolojileri, malzeme bilimi, kimya, fizik ve mühendislik gibi çeşitli disiplinlerin birleşiminden yararlanmaktadır. Aynı zamanda birçok farklı sektörde de aktif olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, disiplinler arası araştırma ekiplerinin kurulması ve bu ekipler arasında etkin iş birliği mekanizmalarının geliştirilmesi, nano üretim teknolojilerinin potansiyelini arttırabilir.

3. Öneri: Endüstriyel Uygulamalara Odaklanma: Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin, nano üretim teknolojilerinin ticari uygulamalarına odaklanması önemlidir. Bu, teknolojinin endüstriyel ölçekte benimsenmesini hızlandırabilir ve nano üretim teknolojilerinden elde edilen yeniliklerin önemini arttırabilir.

4. Öneri: Eğitim ve Farkındalık Artırma Programları: Nano üretim teknolojilerinin karmaşıklığı ve çalışmaların azlığı nedeniyle, bu alandaki araştırmacı ve profesyonellere yönelik eğitim programlarının ve farkındalık artırma programlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Farkındalık artırma programları, nano üretim teknolojilerinin etkili

kullanımı ve uygulanması için gerekli bilgi ve becerilerin kazandırılmasına yardımcı olacaktır.

5. Öneri: Üretim Problemlerinin Çözümü: Nano üretim teknolojilerinin gelişimi ve uygulanması, etik, sağlık, güvenlik ve çevresel etkiler gibi konularda yeni soruları da beraberinde getirmektedir. Araştırmacılar ve politika yapıcılar, teknolojilerin sürdürülebilir ve sorumlu bir şekilde geliştirilmesi ve uygulanması için üretim sorunlarına hızlı çözüm üretebilecek sistemler/modeller geliştirmelidir.

6. Öneri: Gelecekteki Araştırma Yönleri: Bibliyometrik analiz, nano üretim alanında bazı araştırma boşluklarını ve fırsatları ortaya çıkarmıştır. Gelecekteki çalışmalar, nano üretim teknolojilerinin özel endüstriyel uygulamaları, malzeme inovasyonları ve bu teknolojilerin sosyo-ekonomik etkileri gibi alanlarda yoğunlaşabilir.

7. Öneri: Sektör-Pazarın Etkilerine Odaklanılması: Nano üretimin hızlı gelişimi ve birçok sektöre uyarlanabilir olması, uzun vadede birçok sektörün pazarına hâkim olabileceğini ve şirketlerin müşterileri için ilk sırada tercih edilebilecek bir teknoloji olma ihtimali yüksektir. Bu nedenle sektörel bazlı nano üretimin pazara etkisi periyodik olarak incelenmeli ve analiz edilmelidir.

Gelecek araştırmacıların bu tez ile ortaya konulmuş bu literatür boşluğunu da göz önünde bulundurarak çalışmalarını yürütmesi önerilmektedir. Farklı zaman aralıklarında sık sık analizler yapmak ya da farklı analiz türleri denemek araştırma boşluklarını doldurarak daha güncel ve spesifik konu odaklı sonuçlar elde etmek için fırsatlar sunabilir. Nano üretim konusundaki literatürdeki boşluğu doldurmaya yönelik gelecek araştırmacılar, multi disiplinler çalışmalara ve nano üretim kavramı ile ilgili hem teknik hem sosyal bilimler ile ilgili konulara ilişkin daha karmaşık ilişki analizlerine de odaklanabilirler. Öneriler, nano üretim alanındaki araştırma ve uygulamaların geleceğini şekillendirme ve bu teknolojinin potansiyelinden tam anlamıyla yararlanma yönünde kritik öneme sahiptir. Nano üretim, üretim yönetimi ve teknoloji yönetimi disiplinlerinin kesişim noktasında yer almakta olup, bu alandaki ilerlemeler, geniş bir yelpazede endüstriyel ve toplumsal faydalar sunma potansiyeline sahiptir.

KAYNAKÇA

- Abid, N., Khan, A. M., Shujait, S., Chaudhary, K., Ikram, M., Imran, M., ... & Maqbool, M. (2022). Synthesis of nanomaterials using various top-down and bottom-up approaches, influencing factors, advantages, and disadvantages: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 300, 102597.
- Allhoff, F., Lin, P., & Moore, D. (2009). *What is nanotechnology and why does it matter: from science to ethics*. John Wiley & Sons.
- Anonim. (2017). Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2018). 16.12.23 tarihinde resmî gazete web sitesinden alıntılanmıştır. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/09/20170919-23.pdf>
- Arksey, H., & O'malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International journal of social research methodology*, 8(1), 19-32.
- Arole, V. M., & Munde, S. V. (2014). Fabrication of nanomaterials by top-down and bottom-up approaches-an overview. *J. Mater. Sci*, 1, 89-93.
- Aslan, B., Ozpolat, B., Sood, A. K., & Lopez-Berestein, G. (2013). Nanotechnology in cancer therapy. *Journal of drug targeting*, 21(10), 904-913.
- Aydoğdu, A. (2018). A Nanotechnology roadmap for the Turkish defense industry [Ph.D. Doctoral Program]. *Middle East Technical University*
- Aydoğdu, Ç. (2021). Yenilenebilir enerji sektöründe ve enerji verimliliğinde kamusal destekler ve Türkiye’de yansımaları. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 6(1), 52-74.
- Bailón-Moreno, R., Jurado-Alameda, E., Ruiz-Baños, R., & Courtial, J. P. (2005). Bibliometric laws: Empirical flaws of fit. *Scientometrics*, 63(2), 209-229.
- Barut, B., Ünver, M., Kayım, C., Toprak, E., & Uysal, E. (2020). Otomotiv endüstrisinde akıllı fabrika uygulamaları ve Türkiye’de adaptasyon süreci. *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi*, 1(1), 28-38.
- Baykara, T. (2016). Nanoteknolojiler dünyasına doğru. *Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara*.

- Biswas, R., Alam, M., Sarkar, A., Haque, M. I., Hasan, M. M., & Hoque, M. (2022). Application of nanotechnology in food: processing, preservation, packaging and safety assessment. *Heliyon*, 8(11) 1-16.
- Bhushan, B. (2017). Introduction to nanotechnology. *Springer handbook of nanotechnology*, 1-19.
- Borner, K. (2010). Atlas of science: Visualizing what we know. *Mit Press*, 2-26.
- Broadus, R. N. (1987). Toward a definition of “bibliometrics”. *Scientometrics*, 12, 373-379.
- Burki, S. J., & Akhtar, S. (2022). Operations Management: Transforming Inputs into Outputs. *Cosmic Bulletin Of Business Management*, 1(01), 5-7.
- Calipinar, H., & Ulas, D. (2019). Development of nanotechnology in the world and nanotechnology standards in Turkey. *Procedia Computer Science*, 158, 1011-1018.
- Callon, M., Courtial, J. P., Turner, W. A., ve Bauin, S. (1983). From Translations to Problematic Networks: An Introduction to Co-word Analysis. *Social Science Information*, 22(2), 191-235.
- Chaudhuri, R., Chavan, G., Vadalkar, S., Vrontis, D., & Pereira, V. (2021). Two-decade bibliometric overview of publications in the Journal of Knowledge Management. *Journal of Knowledge Management*, 25(6), 1550-1574.
- Darvish, H., & Tonta, Y. (2016). Diffusion of nanotechnology knowledge in Turkey and its network structure. *Scientometrics*, 107, 569-592.
- De Bellis, N. (2009). Bibliometrics and citation analysis: from the science citation index to cybermetrics. *Scarecrow Press*, 141-181
- Denkbaşı, E. B. (2015). Nanoteknolojiye yapılacak yatırımlar, ülkelerin ekonomik gücünü yansıtabilecek bir parametre olacak. *Bilişim Dergisi*, 41(154), 78-87.
- Derya, H. (2018). Endüstri devrimleri ve endüstri 4.0. *GÜ İslahiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 2(2), 1-20.

- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 133, 285-296.
- Doulani, A. (2021). A bibliometric analysis and science mapping of scientific publications of Alzahra University during 1986–2019. *Library Hi Tech*, 39(4), 915-935.
- Drott, M. C. (1981). Bradford's Law: Theory, empiricism and the gaps between. *Library Trends*, 41-52
- ElMaraghy, H., Monostori, L., Schuh, G., & ElMaraghy, W. (2021). Evolution and future of manufacturing systems. *CIRP Annals*, 70(2), 635-658.
- Erkoç, Ş. (2012). Nanobilim ve Nanoteknoloji (6 b.). Ankara: *ODTÜ Yayıncılık*, 7-71
- Fang, F. Z., Zhang, X. D., Gao, W., Guo, Y. B., Byrne, G., & Hansen, H. N. (2017). Nanomanufacturing—perspective and applications. *CIRP Annals*, 66(2), 683-705.
- Fosso Wamba, S., Queiroz, M. M., Guthrie, C., & Braganza, A. (2022). Industry experiences of artificial intelligence (AI): Benefits and challenges in operations and supply chain management. *Production planning & control*, 33(16), 1493-1497.
- Garetti, M., & Taisch, M. (2012). Sustainable manufacturing: Trends and research challenges. *Production Planning and Control*, 23(2–3), 83–104.
- Gholami, H., Abu, F., Lee, J. K. Y., Karganroudi, S. S., & Sharif, S. (2021). Sustainable manufacturing 4.0—pathways and practices. *Sustainability*, 13(24), 1-21.
- Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B., Khorasani, M., Rosen, D., Stucker, B., & Khorasani, M. (2021). *Additive manufacturing technologies* (Vol. 17), 160-186. Cham, Switzerland: Springer.
- Gutiérrez-Salcedo, M., Martínez, M. Á., Moral-Munoz, J. A., Herrera-Viedma, E., & Cobo, M. J. (2018). Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Applied intelligence*, 48, 1275-1287.

- Görmüş, A. (2019). Future of work with the industry 4.0. In *International Congress on Social Sciences (INCSOS 2019) Proceeding Book* (Vol. 1, No. 32), 317-323.
- Güdek, B. (2023). Endüstriyel dönüşüm ve endüstri 5.0. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(4), 1129-1142.
- Hakan, A., & Bahçeci, E. (2015). Nano malzemeler için üretim yöntemleri. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 3(2), 483-499.
- Hassoun, A., Aït-Kaddour, A., Abu-Mahfouz, A. M., Rathod, N. B., Bader, F., Barba, F. J., ... & Regenstein, J. (2023). The fourth industrial revolution in the food industry—Part I: Industry 4.0 technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(23), 6547-6563.
- Hess, T.; Matt, C.; Benlian, A.; Wiesböck, F. (2016). Options for Formulating a Digital Transformation Strategy. *MIS Q. Exec.* 15, 123–139.
- Hopp, W. J., & M. L. Spearman. (2001). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Chicago, IL: Irwin/McGraw-Hill.
- Hulla, J. E., Sahu, S. C., & Hayes, A. W. (2015). Nanotechnology: History and future. *Human & experimental toxicology*, 34(12), 1318-1321
- Imboden, M., & Bishop, D. (2014). Top-down nanomanufacturing. *Physics Today*, 67(12), 45-50.
- İHKİB (2021). Türkiye Üretim Üssü Oldu başlıklı haberi <https://www.ihkib.org.tr/tr/basin/basinda-ihkib/i-5684>
- Jia, X., Dai, T., & Guo, X. (2014). Comprehensive exploration of urban health by bibliometric analysis: 35 years and 11,299 articles. *Scientometrics*, 99, 881-894.
- Klavans, R., & Boyack, K. W. (2017). Research portfolio analysis and topic prominence. *Journal of Informetrics*, 11(4), 1158-1174.
- Koumoulos, E. P., Tofail, S. A. M., Silien, C., De Felicis, D., Moscatelli, R., Dragatogiannis, D. A., ... & Charitidis, C. A. (2018). Metrology and nano-mechanical tests for nano-manufacturing and nano-bio interface: Challenges & future perspectives. *Materials & Design*, 137, 446-462.

- Koseoglu, M. A., Rahimi, R., Okumus, F., & Liu, J. (2016). Bibliometric studies in tourism. *Annals of tourism research*, 61, 180-198.
- Küçün, N.T., & Duman, H. (2023). Organizational Neuroscience: A Bibliometric Analysis and Systematic Literature Review. *Istanbul Business Research*, 52(2), 251-277.
- Li, J., & Hale, A. (2016). Output distributions and topic maps of safety related journals. *Safety science*, 82, 236-244.
- Li, W., & Zhao, Y. (2015). Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 158-166.
- Lindquist, E., Mosher-Howe, K. N., & Liu, X. (2010). Nanotechnology... What is it good for? (Absolutely everything): A problem definition approach. *Review of Policy Research*, 27(3), 255-271.
- Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington academy of sciences*, 16(12), 317-323.
- Majeed, Z. H., & Taha, M. R. (2013). A review of stabilization of soils by using nanomaterials. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(2), 576-581.
- Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Nanotechnology: A revolution in modern industry. *Molecules*, 28(2), 661.
- Martyn, J. (1964). Bibliographic coupling. *Journal of documentation*, 20(4), 236-236.
- Moed, H. F. (2006). Citation analysis in research evaluation (Vol. 9). *Springer Science & Business Media*, 28-35.
- Mohammed, I. A., Bankole, M. T., Abdulkareem, A. S., Afolabi, A. S., Kariim, I., & Abubakre, O. K. (2024). Nanotechnology Applications in National Defence: A review. *Futminna*, 1-8.
- More, P. R., Pandit, S., Filippis, A. D., Franci, G., Mijakovic, I., & Galdiero, M. (2023). Silver nanoparticles: bactericidal and mechanistic approach against drug resistant pathogens. *Microorganisms*, 11(2), 369.

- Mourtzis, D., & Doukas, M. (2014). The evolution of manufacturing systems: From craftsmanship to the era of customisation. In *Handbook of research on design and management of lean production systems*, 1-29. IGI Global.
- Munn, Z., Peters, M. D., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018a). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC medical research methodology*, *18*, 1-7.
- Munn, Z., Stern, C., Aromataris, E., Lockwood, C., & Jordan, Z. (2018b). What kind of systematic review should I conduct? A proposed typology and guidance for systematic reviewers in the medical and health sciences. *BMC medical research methodology*, *18*, 1-9.
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). Production and operations analysis. *Waveland Press*, 1-128
- Nel, A., Xia, T., Madler, L., & Li, N. (2006). Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science*, *311*(5761), 622-627.
- Newman, M. E. (2001). The Structure of Scientific Collaboration Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *98*(2), 404-409.
- Nikalje, A. P. (2015). Nanotechnology and its applications in medicine. *Med chem*, *5*(2), 081-089.
- NNI Bütçe Takviyeleri (2001-2014) <https://www.nano.gov/NNIBudgetSupplementsandStrategicPlans>
- NNI Bütçe Takviyeleri (2024) <https://www.nano.gov/2024BudgetSupplement>
- Osca Lluch, J., Velasco, E., Lopez, M., & Haba, J. (2009). Co-authorship and citation networks in Spanish history of science research. *Scientometrics*, *80*(2), 373-383.
- Othman, U., & Yang, E. (2023). Human–robot collaborations in smart manufacturing environments: review and outlook. *Sensors*, *23*(12), 5663
- Özışık, T., & Erdil Şahin, B. (2022). Endüstri 4.0 teknolojilerinin iş gücü ve işin geleceğine etkileri. *Journal of Life Economics*, *9*(2), 81-96.

- Öztemel, E., & Gürsev, S. (2018). Türkiye’de lojistik yönetiminde endüstri 4.0 etkileri ve yatırım imkanlarına bakış üzerine anket uygulaması. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 30(2), 145-154.
- Öztürk, O., & Gürler, G. (2021). Bir literatür incelemesi aracı olarak bibliyometrik analiz. Ankara: *Nobel Yayınevi*, 7-122.
- Paraschivescu, A. O., Căprioară, F. M., & Bacovia, G. (2014). Strategic quality management. *Economy Transdisciplinarity Cognition*, 17(1), 19-27.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard business review*, 92(11), 64-88.
- Rajput, V. D., Singh, A., Minkina, T., Rawat, S., Mandzhieva, S., Sushkova, S., ... & Upadhyay, S. K. (2021). Nano-enabled products: challenges and opportunities for sustainable agriculture. *Plants*, 10(12), 2727.
- Ravichandra Rao, I. K., & Neelameghan, A. (1992). From librmetry to informetrics: an overview and Ranganathan's contributions, *Libri*, 242-257.
- Reibold, M., Paufler, P., Levin, A. A., Kochmann, W., Pätzke, N., & Meyer, D. C. (2006). Carbon nanotubes in an ancient Damascus sabre. *Nature*, 444(7117), 286-286.
- Ren, L. F., Xia, F., Shao, J., Zhang, X., & Li, J. (2017). Experimental investigation of the effect of electrospinning parameters on properties of superhydrophobic PDMS/PMMA membrane and its application in membrane distillation. *Desalination*, 404, 155-166.
- Render, B., Heizer, J., & Munson, C. (2017). Principles of operations management: Sustainability and supply chain management. *Pearson*.
- Sahoo, S. K., Parveen, S., & Panda, J. J. (2017). The present and future of nanotechnology in human health care. *Nanomedicine in Cancer*, 775-806.
- Sassanelli, C., Taisch, M., & Terzi, S. (2023). History and future of manufacturing. In *Advances in Digital Manufacturing Systems: Technologies, Business Models, and Adoption*. Singapore: *Springer Nature Singapor*, 13-36..
- Sengupta, I. N. (1992). Bibliometrics, informetrics, scientometrics and librmetrics: an overview. *Libri*, 75-98.

- Singh, V. P., Dwivedi, A., Karn, A., Kumar, A., Singh, S., Srivastava, S., & Srivastava, K. (2022). Nanomanufacturing and design of high-performance piezoelectric nanogenerator for energy harvesting. In *Nanomanufacturing and Nanomaterials Design, CRC Press*, 241-272.
- Singh, H., & Kaur, K. (2023). Role of nanotechnology in research fields: Medical sciences, military & tribology-A review on recent advancements, grand challenges and perspectives. *Materials Today: Proceedings*. (Article in Press) 1-8
- Shah, M. A., Pirzada, B. M., Price, G., Shibiru, A. L., & Qurashi, A. (2022). Applications of nanotechnology in smart textile industry: A critical review. *Journal of Advanced Research*, 38, 55-75.
- Shankar, V. (2022). A Critical Review of Nanomaterials and Their Industrial Applications. *Malaysian NANO-An International Journal*, 2(1), 73-89.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). Operations management, *Pearson Education*, 16-18.
- Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for information Science*, 24(4), 265-269.
- Statnano (2021) Product report - <https://product.statnano.com>
- Statnano (2022) Indicators by countries report- <https://statnano.com/report/n3>
- Stix, G. (2001). Little big science. *Scientific American*, 285(3), 32-37.
- Su, X., Li, X., & Kang, Y. (2019). A bibliometric analysis of research on intangible cultural heritage using CiteSpace. *Sage Open*, 9(2), 1-18.
- Tanudjaja, I., & Kow, G. Y. (2017). Exploring bibliometric mapping in NUS using BibExcel and VOSviewer. *Transform Societies*, Session 163, 1-9.
- Tolochko, N. K. (2009). History of nanotechnology. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, 1-6.
- Tomac, N., Radonja, R., & Bonato, J. (2019). Analysis of Henry Ford's contribution to production and management. *Pomorstvo*, 33(1), 33-45.

- Tsarouhas, P. (2023). New Trends in Production and Operations Management. *Applied Sciences*, 13(16), 9071.
- Ullah, Z. (2012). Nanotechnology and its impact on modern computer. *Global Journal of Researches in Engineering General Engineering*, 12(4), 34-38.
- Van Raan, A. F. (2005). Measurement of central aspects of scientific research: Performance, interdisciplinarity, structure. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 3(1), 1-19.
- Van Raan, A. F. (2014). Advances in bibliometric analysis: research performance assessment and science mapping. *Bibliometrics Use and Abuse in the Review of Research Performance*, 87, 17-28.
- Wang, Y., Lu, D., Wang, F., Zhang, D., Zhong, J., Liang, B., ... & Sun, L. (2020). A new strategy to prepare carbon nanotube thin film by the combination of top-down and bottom-up approaches. *Carbon*, 161, 563-569.
- Wen, S., & Jeffreys, M. (2022). Social and Technological Impacts of Samuel Slater and Eli Whitney's Innovations. *Journal of Student Research*, 11(4), 1-12.
- WMF. (2019). World manufacturing forum report, skills for the future of manufacturing. Retrieved December 30, 2020, from <https://www.worldmanufacturingforum.org/report-2019>.
- World Bank (2024). Research and Development Expenditure (% GDP) https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?end=2021&name_desc=false&start=2010&view=chart
- Wyllys, R. E. (1981). Empirical and theoretical bases of Zipf's law. *Library Trends*, 30, 53-64.
- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), 90-95
- Yavuz, H. (2018). The Critical Success Factors for Manufacturing Execution Systems (MES) Adoption in Turkey Defense Industry: An Industrial Case Study. Master's Thesis. *Middle East Technical University*, 1-118.

- Yeatman, E. M., Gramling, H. M., & Wang, E. N. (2017). Introduction to the special topic on nanomanufacturing. *Microsystems & Nanoengineering*, 3(1), 1-2.
- Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 848-861.
- Young, K. T., Smith, C., Krentz, T. M., Hitchcock, D. A., & Vogel, E. M. (2021). Graphene synthesized by chemical vapor deposition as a hydrogen isotope permeation barrier. *Carbon*, 176, 106-117.
- Zan, B. U. (2019). Doğrudan atıf, ortak atıf ve bibliyografik eşleşme yaklaşımlarına dayalı olarak araştırma alanlarının değerlendirilmesi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 14(2), 501-516.

SİSTEMATİK ANALİZ KAYNAKÇASI

- Abbas, K., Cydzik, I., Del Torchio, R., Farina, M., Forti, E., Gibson, N., ... & Kreyling, W. (2010). Radiolabelling of TiO₂ nanoparticles for radiotracer studies. *Journal of Nanoparticle Research*, 12, 2435-2443.
- Adomaitis, R. A. (2011). A Ballistic Transport and Surface Reaction Model for Simulating Atomic Layer Deposition Processes in High-Aspect-Ratio Nanopores. *Chemical Vapor Deposition*, 17(10-12), 353-365
- Agarwal, M., Rizkalla, M. E., Shrestha, S., El-Mounayri, H. A., & Varahramyan, K. (2014). Impact of Multidisciplinary Nanotechnology Curricula on Engineering and Science Programs. In *2014 ASEE Annual Conference & Exposition*, 24-697.
- Aissa, M. F. B., Rezgüi, H., Nasri, F., Belmabrouk, H., & Guizani, A. (2019). Thermal transport in graphene field-effect transistors with ultrashort channel length. *Superlattices and Microstructures*, 128, 265-273.
- Almakayeel, N., Desai, S., Alghamdi, S., & Qureshi, M. R. N. M. (2022). Smart agent system for cyber nano-manufacturing in industry 4.0. *Applied Sciences*, 12(12), 6143.

- Amatucci, E., Dagalakis, N., Damazo, B., Davies, M., Evans, J., Song, J., ... & Vorburger, T. (2003). An overview of nano-micro-meso scale manufacturing at the national institute of standards and technology (NIST). *Nanotribology: Critical Assessment and Research Needs*, 259-269.
- Asaduzzaman, A., & Asmatulu, R. (2016, March). A learner-centered computational experience in nanotechnology for undergraduate STEM students. In *2016 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, 26-33. IEEE.
- Avila-Robinson, A., & Miyazaki, K. (2012). Emerging micro/nanofabrication technologies as drivers of nanotechnological change: Paths of knowledge evolution and international patterns of specialization. In *2012 Proceedings of PICMET'12: Technology Management for Emerging Technologies*, 2652-2662. IEEE, 1-11.
- Bakshi, B. R., & Grubb, G. F. (2012). Implications of Thermodynamics for Sustainability. *Sustainability: Multi-Disciplinary Perspectives*, 222-228.
- Banerjee, J., & Kumar, A. (2006). Work in Progress: Interuniversity Research Partnership in Nanomanufacturing. In *Proceedings. Frontiers in Education. 36th Annual Conference* (pp. 26-27). IEEE.
- Banerjee, R., Chowdhury, A. H., Kumar, P. S., Wang, C., Goel, S., & Raj, P. M. (2023). Laser-induced graphene supercapacitors on flex substrates for package-integrated power supply. In *2023 Fourth International Symposium on 3D Power Electronics Integration and Manufacturing (3D-PEIM)* (pp. 1-5). IEEE.
- Barcikowski, S., Devesa, F., & Moldenhauer, K. (2009). Impact and structure of literature on nanoparticle generation by laser ablation in liquids. *Journal of Nanoparticle Research*, 11, 1883-1893.
- Behrens, S. H., Breedveld, V., Mujica, M., & Filler, M. A. (2017). Process principles for large-scale nanomanufacturing. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, 8, 201-226.
- Bharathi, A., & Dong, J. (2015). Feedrate optimization and trajectory control for micro/nanopositioning systems with confined contouring accuracy. *Proceedings*

of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 229(7), 1193-1205.

- Brown, M. O., Haapala, K. R., Paul, B. K., Glover, R. D., & Hutchison, J. E. (2010). Addressing Uncertainty in the Environmental Analysis of Nickel Nanoparticle Production. *International Manufacturing Science and Engineering Conference* (Vol. 49477), 439-446.
- Busnaina, A. A., Mead, J., Isaacs, J., & Somu, S. (2014). Nanomanufacturing and sustainability: opportunities and challenges. *Nanotechnology for Sustainable Development*, 331-336.
- Cavalcanti, A., Shirinzadeh, B., Freitas, R. A., & Kretly, L. C. (2007). Medical nanorobot architecture based on nanobioelectronics. *Recent Patents on Nanotechnology*, 1(1), 1-10.
- Celotta, R. J. (2010, June). The NIST Center for Nanoscale Science and Technology: Supporting US Innovation in Nanotechnology. In *2010 18th Biennial University/Government/Industry Micro/Nano Symposium* (pp. 1-3). IEEE.
- Chang, C. H., Paul, B. K., Remcho, V. T., Atre, S., & Hutchison, J. E. (2008). Synthesis and post-processing of nanomaterials using microreaction technology. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 965-980.
- Chen, C., Du, Z., & Pan, L. (2014). Nanoscale Thermal Transport in Plasmonic Nanofocusing Structure With Strong Nonlocality. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (Vol. 46445) American Society of Mechanical Engineers.
- Chen, H., Xi, N., Li, G., Zhang, J., & Prokos, M. (2005). Planning and control for automated nanorobotic assembly. In *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 169-174. IEEE.
- Chen, H., Xi, N., Li, G., Zhang, J., & Saeed, A. (2004). Automated nano-assembly of nanoscale structures. In *4th IEEE Conference on Nanotechnology, 2004*, 465-467. IEEE.

- Chen, Y., Wang, Y., Zhu, S., Fu, K., Han, X., Wang, Y., ... & Hu, L. (2019). Nanomanufacturing of graphene nanosheets through nano-hole opening and closing. *Materials Today*, 24, 26-32.
- Cheng, C., Bukkapatnam, S. T., Raff, L., & Komanduri, R. (2016). Fast Monte Carlo Simulation-based Process Design and Planning for Carbon Nanotube Synthesis. *Procedia Manufacturing*, 5, 1357-1368.
- Cheng, M. D., Ford, E. A., DePaoli, D. W., Kenik, E. A., & Angelini, P. (2007). Validation of TiO₂ particle-size distribution measured by scanning mobility particle sizer. *Industrial & engineering chemistry research*, 46(19), 6269-6272.
- Crane, M. J., Lim, M. B., Zhou, X., & Pauzuskie, P. J. (2017). Rapid synthesis of transition metal dichalcogenide-carbon aerogel composites for supercapacitor electrodes. *Microsystems & nanoengineering*, 3(1), 1-9.
- Dahlben, L. J., & Isaacs, J. A. (2009, May). Environmental assessment of manufacturing with carbon nanotubes. In *2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology* (pp. 1-5). IEEE.
- De Ipiña, J. M. L., Aznar, G., Lopez, A., Olite, J., Koivisto, J., Bartolini, G., & Costa, A. (2021b). Digital Twins applied to the implementation of Safe-by-Design strategies in nano-processes for the reduction of airborne emission and occupational exposure to nano-forms. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1953, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- De Ipiña, J. M. L., Clavaguera, S., Steck, J., Escabasse, J. Y., Hernan, A., Insunza, M., ... & Florez, S. (2021a). The OASIS-Sustainable Nanomanufacturing Framework (OASIS-SNF): a new simplified approach to implement sustainable production in nanomanufacturing pilot lines and evaluate its sustainable manufacturing performance. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1953, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.
- Diaz-Elsayed, N., Charkhgard, H., & Wang, M. C. (2020). Sustainable and Resilient Manufacturing for the Post-COVID-19 Era. *Smart and Sustainable Manufacturing Systems*, 4(3), 1-5.

- Ding, B., Li, Y., Xiao, X., & Wu, Z. (2018). Design and analysis of a flexure-based modular precision positioning stage with two different materials. *Multidiscipline Modeling in Materials and Structures*, 14(3), 516-529.
- Doddapaneni, V. V. K., Dhas, J. A., Chang, A., Choi, C. H., Han, S. Y., Paul, B. K., & Chang, C. H. (2022). Transformation, reaction and organization of functional nanostructures using solution-based microreactor-assisted nanomaterial deposition for solar photovoltaics. *MRS Energy & Sustainability*, 9(2), 407-442.
- Doumanidis, H. (2002). The nanomanufacturing programme at the National Science Foundation. *Nanotechnology*, 13(3), 302.
- Erbis, S., Ok, Z., Isaacs, J. A., Benneyan, J. C., & Kamarthi, S. (2016). Review of research trends and methods in nano environmental, health, and safety risk analysis. *Risk Analysis*, 36(8), 1644-1665.
- Fabricius, N. (2011). Standards for Nano-Enabled Applications of Electronics: Perspectives from IEC. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1395) 1, 351-359. American Institute of Physics.
- Falsini, S., Bardi, U., Abou-Hassan, A., & Ristori, S. (2018). Sustainable strategies for large-scale nanotechnology manufacturing in the biomedical field. *Green chemistry*, 20(17), 3897-3907.
- Farrell, M. J., Frey, K., & Mason, J. (2019). Corporate Responsibility: A Green Initiative to Reduce Chlorobenzene Based Chemistries in Semiconductor Processing. *MRS Advances*, 4(7), 393-398.
- Fung, C. K., Wong, V. T., Chan, R. H., & Li, W. J. (2004). Dielectrophoretic batch fabrication of bundled carbon nanotube thermal sensors. *IEEE Transactions on Nanotechnology*, 3(3), 395-403.
- Furxhi, I., Koivisto, A. J., Murphy, F., Trabucco, S., Del Secco, B., & Arvanitis, A. (2021). Data shepherding in nanotechnology. The exposure field campaign template. *Nanomaterials*, 11(7), 1818.
- Garcia, D. R., Zhang, Z., Linke, B. S., & Urbassek, H. M. (2018). Molecular dynamics simulations of single grain pure aluminum in a vice fixture for nanomanufacturing applications. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 23, 91-97.

- García-López, E., Olvera-Trejo, D., & Velásquez-García, L. F. (2017). 3D printed multiplexed electrospinning sources for large-scale production of aligned nanofiber mats with small diameter spread. *Nanotechnology*, 28(42), 425302.
- Genaidy, A., & Karwowski, W. (2006). Nanotechnology occupational and environmental health and safety: Education and research needs for an emerging interdisciplinary field of study. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 16(3), 247-253.
- Geng, Q., Wang, D., Chen, P., & Chen, S. C. (2019). Ultrafast multi-focus 3-D nanofabrication based on two-photon polymerization. *Nature communications*, 10(1), 2179.
- Geraci, C., Heidel, D., Sayes, C., Hodson, L., Schulte, P., Eastlake, A., & Brenner, S. (2015). Perspectives on the design of safer nanomaterials and manufacturing processes. *Journal of Nanoparticle Research*, 17, 1-13.
- Girshick, S. L. (2008). Aerosol processing for nanomanufacturing. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 935-945.
- Goel, S., Knaggs, M., Goel, G., Zhou, X. W., Upadhyaya, H. M., Thakur, V. K., ... & Matthews, A. (2020). Horizons of modern molecular dynamics simulation in digitalized solid freeform fabrication with advanced materials. *Materials Today Chemistry*, 18, 100356.
- Grubb, G. F., & Bakshi, B. R. (2011). Life cycle of titanium dioxide nanoparticle production: Impact of emissions and use of resources. *Journal of Industrial Ecology*, 15(1), 81-95.
- Guan, Y., Wang, G., Wang, Y., Ding, Y., & Yang, L. (2021). Assembly And Interconnection Of Nanowires Braze Structure Based On Nanomanipulation. *Zhongguo Jiguang Yuchedumeilu: Kexue Chubanshe*, 48(8), 0802024.
- Gupta, T., & Jayatissa, A. H. (2003). Recent advances in nanotechnology: key issues & potential problem areas. In *2003 Third IEEE Conference on Nanotechnology, 2003. IEEE-NANO 2003*. (Vol. 2), 469-472. IEEE.

- Haghanifar, S., Galante, A. J., & Leu, P. W. (2020). Challenges and prospects of bio-inspired and multifunctional transparent substrates and barrier layers for optoelectronics. *ACS nano*, *14*(12), 16241-16265.
- Handy, R., Whitt, M., & Lafreniere, M. (2006). The Introduction Of Environmental And Industrial Health And Safety Issues And Emerging Technologies In A Beginning Manufacturing Processes Course. In *2006 Annual Conference & Exposition*, 11-1306.
- Hasani-Sadrabadi, M. M., Majedi, F. S., Miller, M. L., Thauland, T. J., Bouchard, L. S., Li, S., & Butte, M. J. (2020). Augmenting T-cell responses to tumors by in situ nanomanufacturing. *Materials horizons*, *7*(11), 3028-3033.
- Haskiya, W., & Jerrams, S. (2005, June). A model for a miniature piezoelectric motor (MPM). In *Opto-Ireland 2005: Nanotechnology and Nanophotonics* (Vol. 5824), 250-259. SPIE.
- Henry, M. R., & Fedorov, A. G. (2021). Adaptive simulations enable computational design of electron beam processing of nanomaterials with supersonic micro-jet precursor. *Computational Materials Science*, *186*, 109993.
- Isaacs, J. A., Tanwani, A., & Healy, M. L. (2006). Environmental assessment of SWNT production. In *Proceedings of the 2006 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 2006*, 38-41. IEEE
- Islam, N., & Miyazaki, K. (2010). An empirical analysis of nanotechnology research domains. *Technovation*, *30*(4), 229-237.
- Jahn, A., Reiner, J. E., Vreeland, W. N., DeVoe, D. L., Locascio, L. E., & Gaitan, M. (2008). Preparation of nanoparticles by continuous-flow microfluidics. *Journal of Nanoparticle Research*, *10*, 925-934.
- Kalaiselvi, S. M. P., Tang, E. X., Moser, H. O., Breese, M. B. H., Turaga, S. P., Kasi, H., & Heussler, S. P. (2022). Wafer scale manufacturing of high precision micro-optical components through X-ray lithography yielding 1800 Gray Levels in a fingertip sized chip. *Scientific reports*, *12*(1), 2730.

- Khare, H. S., Gosvami, N. N., Lahouij, I., Milne, Z. B., McClimon, J. B., & Carpick, R. W. (2018). Nanotribological printing: a nanoscale additive manufacturing method. *Nano letters*, *18*(11), 6756-6763.
- Kim, H. J., & King, W. P. (2015). A study of long term operation and reliability of heated atomic force microscope cantilevers. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, *25*(6), 065003.
- Kim, Y. S., Kim, J., Chicas, R., Xiuhtecutli, N., Matthews, J., Zavanelli, N., ... & Yeo, W. H. (2022). Soft wireless bioelectronics designed for real-time, continuous health monitoring of farmworkers. *Advanced healthcare materials*, *11*(13), 2200170.
- Komanduri, R., Chen, J., Malshe, A. P., Doumanidis, H., & Rajurkar, K. P. (2002). NSF-EC workshop on nanomanufacturing and processing: a summary report. In *Nano- and Microtechnology: Materials, Processes, Packaging, and Systems* (Vol. 4936), 446-454. SPIE.
- Korayem, A. H., Hoshidar, A. K., & Korayem, M. H. (2015). Modeling and simulation of critical forces in the manipulation of cylindrical nanoparticles. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *79*, 1505-1517.
- Korayem, M. H., Sadeghzadeh, S., Rahneshein, V., Homayooni, A., & Safa, M. (2013). Precise manipulation of metallic nanoparticles: Multiscale analysis. *Computational materials science*, *67*, 11-20.
- Kotnala, A., Kollipara, P. S., & Zheng, Y. (2020). Opto-thermoelectric speckle tweezers. *Nanophotonics*, *9*(4), 927-933.
- Kumar, D., Pai, D. M., Faruque, M. K., & Mensah-Darkwa, K. (2011). Integration of Nanomanufacturing Research into Curricular Education and Outreach. In *2011 ASEE Annual Conference & Exposition*, 22-929.
- Leahu, G., Li Voti, R., Larciprete, M. C., Sibilgia, C., Bertolotti, M., Nefedov, I., & Anoshkin, I. V. (2015). Thermal characterization of carbon nanotubes by photothermal techniques. *International Journal of Thermophysics*, *36*, 1349-1357.

- Lee, W. K., Yu, S., Engel, C. J., Reese, T., Rhee, D., Chen, W., & Odom, T. W. (2017). Concurrent design of quasi-random photonic nanostructures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(33), 8734-8739.
- Li, B., Gao, X., Li, J., & Yuan, C. (2014). Life cycle environmental impact of high-capacity lithium ion battery with silicon nanowires anode for electric vehicles. *Environmental science & technology*, 48(5), 3047-3055.
- Li, B., Zhang, H. C., & Yuan, C. (2015). Thermodynamic Analysis of Titanium Dioxide Nanotube Synthesis Process for Sustainability Improvement. In *International Manufacturing Science and Engineering Conference* (Vol. 56833) p. V002T05A008). American Society of Mechanical Engineers.
- Li, J., Lin, L., Inoue, Y., & Zheng, Y. (2018). Opto-thermophoretic tweezers and assembly. *Journal of Micro-and Nano-Manufacturing*, 6(4), 040801.
- Lignos, I., Ow, H., Lopez, J. P., McCollum, D. A., Zhang, H., Imbrogno, J., ... & Jensen, K. F. (2020). Continuous multistage synthesis and functionalization of sub-100 nm silica nanoparticles in 3D-printed continuous stirred-tank reactor cascades. *ACS applied materials & interfaces*, 12(5), 6699-6706.
- Loganathan, M., Al-Ogaidi, A., & Bristow, D. A. (2017). Design and control of a dual-probe atomic force microscope. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 23(1), 424-433.
- Luo, H., Zhang, Y., Yu, J., Dong, X., & Zhou, T. (2023). Additive, subtractive and formative manufacturing of glass-based functional micro/nanostructures: a comprehensive review. *Materials & Design*, 112285, 1-25.
- Lyons, K. W. (2007). Integration, Interoperability, and Information Management: What are the key issues for Nanomanufacturing?. In *Instrumentation, Metrology, and Standards for Nanomanufacturing* (Vol. 6648), 66-70. SPIE.
- Lyons, K. W., & Postek, M. T. (2008). Metrology at the nanoscale: what are the grand challenges?. In *Instrumentation, Metrology, and Standards for Nanomanufacturing II* (Vol. 7042), 9-21. SPIE.
- Maddux, B. L. S., Rung, R. D., & Hutchison, J. E. (2007). Developing green nanotechnology: challenges and opportunities through innovation. In *Technical*

Proceedings of the 2007 NSTI Nanotechnology Conference and Trade Show (Vol. 1), 612-615.

- Malshe, A. P., Rajurkar, K. P., Virwani, K. R., Taylor, C. R., Bourell, D. L., Levy, G., ... & Samant, A. N. (2010). Tip-based nanomanufacturing by electrical, chemical, mechanical and thermal processes. *CIRP annals*, 59(2), 628-651.
- Marquardt, C., Scholz, S. G., Nau, K., & Schmidt, A. (2022). Development of a Database for the Management and Use of Available Resources in the Field of Sustainable Nanomanufacturing. In *International Conference on Sustainable Design and Manufacturing*, 232-241. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Mendizábal, J. K., Singh, B. P., Rabbi, K. F., Upot, N. V., Nawaz, K., Jacobi, A., & Miljkovic, N. (2023). Enhanced internal condensation of R1233zd (E) on micro- and nanostructured copper and aluminum surfaces. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 207, 124012.
- Meyer, D. E., Curran, M. A., & Gonzalez, M. A. (2009). An examination of existing data for the industrial manufacture and use of nanocomponents and their role in the life cycle impact of nanoproducts. *Environmental Science & Technology*, vol. 43, 1256-1263.
- Mitrakos, D., Jokiniemi, J., Backman, U., & Housiadas, C. (2008). Aerosol flow in a tube furnace reactor of gas-phase synthesised silver nanoparticles. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 153-161.
- Mohan, M., Trump, B. D., Bates, M. E., Monica Jr, J. C., & Linkov, I. (2012). Integrating legal liabilities in nanomanufacturing risk management. *Environmental science & technology*, 46(15), 7955-7962.
- Moniz, A. B., & Krings, B. J. (2022). “Manufacturing Life” in Real Work Processes? New Manufacturing Environments with Micro-and Nanorobotics. *NanoEthics*, 16(1), 115-131.
- Mukherjee, S., Salamo, G., & Malshe, A. P. (2015). Energy Demand Analysis of Photovoltaic Device–Material and Nanomanufacturing Process Discovery. *Procedia Manufacturing*, 1, 226-237.

- Murthy, R., & Popa, D. O. (2010). Millimeter-scale microrobots for wafer-level factories. In *2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 488-493. IEEE.
- Naidu, S., Sawhney, R., & Li, X. (2008). A methodology for evaluation and selection of nanoparticle manufacturing processes based on sustainability metrics. *Environmental science & technology*, *42*(17), 6697-6702.
- Olceroglu, E., King, S. M., Rahman, M. M., & McCarthy, M. (2012). Biotemplated superhydrophobic surfaces for enhanced dropwise condensation. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (Vol. 45233) 2809-2815. American Society of Mechanical Engineers.
- Orji, N. G., Dixon, R. G., Cordes, A., Bunday, B. D., & Allgair, J. A. (2009). Measurement traceability and quality assurance in a nanomanufacturing environment. In *Instrumentation, Metrology, and Standards for Nanomanufacturing III* (Vol. 7405), 45-54. SPIE.
- Ossai, C. I., Xu, X., Yang, Q., & Raghavan, N. (2017). Uncertainty quantification in nanowire growth modeling—A precursor to quality semiconductor nanomanufacturing. *Microelectronics Reliability*, *76*, 106-111.
- Ostrikov, K., Denysenko, I., Yu, M. Y., & Xu, S. (2005). Nanopowder management and plasma parameters in nanofabrication of low-dimensional quantum structures in reactive silane-based plasmas. *Physica Scripta*, *72*(2-3), 277.
- Pandza, K., & Holt, R. (2007). Absorptive and transformative capacities in nanotechnology innovation systems. *Journal of Engineering and Technology Management*, *24*(4), 347-365.
- Patel, B. C., & Jain, A. (2013). Thermal modeling of ultraviolet nanoimprint lithography. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, *135*(6), 064501.
- Pendleton, A., Kundu, S., & Liang, H. (2009). Controlled synthesis of titanium nanochains using a template. *Journal of Nanoparticle Research*, *11*, 505-510.
- Peters, K. (2011). Horizon 2020-The Future Framework Programme for Research and Innovation. *Directorate for Industrial Technologies, Unit for "New forms of production"*, European Commission

- Postek, M. T., & Lyons, K. (2007). Instrumentation, metrology, and standards: key elements for the future of nanomanufacturing. In *Instrumentation, Metrology, and Standards for Nanomanufacturing* (Vol. 6648), 11-17. SPIE.
- Postek, M. T., & Vladár, A. E. (2015). Nanomanufacturing concerns about measurements made in the SEM part IV: Charging and its mitigation. In *Nanoengineering: Fabrication, Properties, Optics, and Devices XII* (Vol. 9556), 108-118. SPIE.
- Postek, M. T., & Vladár, A. E. (2016). Nanomanufacturing concerns about measurements made in the SEM Part V: dealing with noise. In *Nanoengineering: Fabrication, Properties, Optics, and Devices XIII* (Vol. 9927), 75-84. SPIE.
- Postek, M. T., Vladár, A. E., & Cizmar, P. (2014, August). Nanomanufacturing concerns about measurements made in the SEM Part III: vibration and drift. In *Instrumentation, Metrology, and Standards for Nanomanufacturing, Optics, and Semiconductors VIII* (Vol. 9173), 28-37. SPIE.
- Postek, M. T., Vladár, A. E., & Ming, B. (2009). Understanding imaging and metrology with the helium ion microscope. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1173) No. 1, 249-260. American Institute of Physics.
- Postek, M. T., Vladár, A. E., & Purushotham, K. P. (2013). Nanomanufacturing concerns about measurements made in the SEM II: specimen contamination. In *Instrumentation, Metrology, and Standards for Nanomanufacturing, Optics, and Semiconductors VII* (Vol. 8819), 70-75. SPIE.
- Postek, M. T., Vladar, A., Dagata, J., Farkas, N., Ming, B., Sabo, R., ... & Beecher, J. (2008). Cellulose nanocrystals the next big nano-thing?. In *Instrumentation, Metrology, and Standards for Nanomanufacturing II* (Vol. 7042, pp. 119-129). SPIE.
- Promyoo, R., El-Mounayri, H., Agarwal, M., Karingula, V. K., & Varahramyan, K. (2016). Tip-based nanomanufacturing of nanofluidics using atomic force microscopy. *Journal of Micro-and Nano-Manufacturing*, 4(4), 041003.
- Puttagounder, D. S., Kalla, D. K., Zhang, B., & Asmatulu, R. (2011). Sustainability in nanomanufacturing: Status and vision for the future. In *International Manufacturing Science and Engineering Conference* (Vol. 44311), 585-590.

- Qiao, W., Huang, W., Liu, Y., Li, X., Chen, L. S., & Tang, J. X. (2016). Toward scalable flexible nanomanufacturing for photonic structures and devices. *Advanced Materials*, 28(47), 10353-10380.
- Qin, R., Fu, J., Yin, Z., & Zheng, C. (2013). Large-scale process optimization for focused ion beam 3-D nanofabrication. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 64, 587-600.
- Qiu, Y., Collin, F., Hurt, R. H., & Külaots, I. (2016). Thermochemistry and kinetics of graphite oxide exothermic decomposition for safety in large-scale storage and processing. *Carbon*, 96, 20-28.
- Raman, A. S., Haapala, K. R., & Raoufi, K. (2020). Defining near-term to long-term research opportunities to advance metrics, models, and methods for smart and sustainable manufacturing. *Smart Sustainable Manufacturing Systems*, 4(2), 1-24.
- Raman, A. S., Harper, D., Haapala, K. R., Linke, B. S., Bernstein, W. Z., & Morris, K. C. (2019). Challenges in representing manufacturing processes for systematic sustainability assessments: workshop on June 21, 2018. In *International Manufacturing Science and Engineering Conference* (Vol. 58752, p. V002T03A012). American Society of Mechanical Engineers.
- Rivera, J. L., & Sutherland, J. W. (2015). A design of experiments (DOE) approach to data uncertainty in LCA: application to nanotechnology evaluation. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17, 1585-1595.
- Rodríguez-Gómez, F. D., Penon, O., Monferrer, D., & Rivera-Gil, P. (2023). Classification system for nanotechnology-enabled health products with both scientific and regulatory application. *Frontiers in Medicine*, 10, 1-14.
- Sahu, B., Taylor, C. R., Riddle, R. O., & Leang, K. K. (2011). Design and fabrication of an automatic nanoscale tool-tip exchanger for scanning probe microscopy. In *International Manufacturing Science and Engineering Conference* (Vol. 44311), 493-506.
- Salamon, A. W. (2013). The current world of nanomaterial characterization: Discussion of analytical instruments for nanomaterial characterization. *Environmental Engineering Science*, 30(3), 101-108.

- Sargent Jr, J. F. (2016). Nanotechnology: A policy primer, *Congressional Research Service*, 1-19.
- Schuster, F., & Lomello, F. (2013). From safe nanomanufacturing to nanosafe-by-design processes. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 429, No. 1, p. 012054). IOP Publishing.
- Shakir, H., & Kim, W. J. (2005). Nanoscale path planning and motion control. In *Proceedings of the 2005, American Control Conference, 2005*, 3604-3609. IEEE.
- Shakir, H., & Kim, W. J. (2006). Nanoscale path planning and motion control with maglev positioners. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 11(5), 625-633.
- Sharma, V.K., Kumar, A., Gupta, M., Kumar, V., Kumar Sharma, D., & Sharma, S.K. (Eds.). (2022). Additive Manufacturing in Industry 4.0: Methods, Techniques, Modeling, and Nano Aspects (1st ed.). *CRC Press- CH1*
- Sitapure, N., Epps, R., Abolhasani, M., & Kwon, J. S. I. (2021). Multiscale modeling and optimal operation of millifluidic synthesis of perovskite quantum dots: towards size-controlled continuous manufacturing. *Chemical Engineering Journal*, 413, 127905.
- Sloter, L. E. (2016). Nanomaterials and nanomanufacturing with an emphasis on national security. In *Nanotechnology: Delivering on the Promise Volume 1*, 53-58. American Chemical Society.
- Starr, M. B., & Wang, X. (2015). Coupling of piezoelectric effect with electrochemical processes. *Nano Energy*, 14, 296-311.
- Subramanian, V., Semenzin, E., Hristozov, D., Marcomini, A., & Linkov, I. (2014). Sustainable nanotechnology: defining, measuring and teaching. *Nano Today*, 9(1), 6-9.
- Sun, C. F., Zhu, H., Baker III, E. B., Okada, M., Wan, J., Ghemes, A., ... & Wang, Y. (2013). Weavable high-capacity electrodes. *Nano Energy*, 2(5), 987-994.

- Surjadi, J. U., Gao, L., Du, H., Li, X., Xiong, X., Fang, N. X., & Lu, Y. (2019). Mechanical metamaterials and their engineering applications. *Advanced Engineering Materials*, 21(3), 1800864.
- Şen, A., Bhatia, D., & Doğan, K. (2010). Applied materials uses operations research to design its service and parts network. *Interfaces*, 40(4), 253-266.
- Şengül, H., Theis, T. L., & Ghosh, S. (2008). Toward sustainable nanoproducts: An overview of nanomanufacturing methods. *Journal of Industrial Ecology*, 12(3), 329-359.
- Tolfree, D. (2006). Commercialising nanotechnology concepts–products–markets. *International Journal of Nanomanufacturing*, 1(1), 117-133.
- Veliz, F. A., Ma, Y., Molugu, S. K., Tiu, B. D. B., Stewart, P. L., French, R. H., & Steinmetz, N. F. (2017). Photon Management through Virus-Programmed Supramolecular Arrays. *Advanced Biosystems*, 1(10), 1700088
- Walker, W. C., Bosso, C. J., Eckelman, M., Isaacs, J. A., & Pourzahedi, L. (2015). Integrating life cycle assessment into managing potential EHS risks of engineered nanomaterials: reviewing progress to date. *Journal of Nanoparticle Research*, 17, 1-16.
- Walter, L. P., Tervo, E. J., & Francoeur, M. (2022). Near-field radiative heat transfer between irregularly shaped dielectric particles modeled with the discrete system Green's function method. *Physical Review B*, 106(19), 195417.
- Wang, H., Fan, Y., Wang, H., Chen, Z., Yu, S., & Hou, X. (2024). Visual biosensing with specific liquid-based interface behaviors. *ACS Nano*, 18, 7327-7333.
- Wang, J. J., Deng, X., Chen, L., Sciortino, P. F., Liu, F., Tai, S., ... & Weinbaum, B. J. (2005). Free-Space nano-optical devices and integration: design, fabrication, and manufacturing. *Bell Labs Technical Journal*, 10(3), 107-127.
- Wang, X., Dong, Q., Qiao, H., Huang, Z., Saray, M. T., Zhong, G., ... & Hu, L. (2020). Continuous synthesis of hollow high-entropy nanoparticles for energy and catalysis applications. *Advanced Materials*, 32(46), 2002853.

- Winterton, J. D., Myers, D. R., Lippmann, J. M., Pisano, A. P., & Doyle, F. M. (2008). A novel continuous microfluidic reactor design for the controlled production of high-quality semiconductor nanocrystals. *Journal of Nanoparticle Research*, *10*, 893-905.
- Wogerer, C., Almansa, A., & Rempp, H. (2006). IPMMAN-Improvement of Industrial Production integrating Macro-, Micro-and Nanotechnologies. *VDI BERICHTE*, *1940*, 125.
- Wu, J., Li, X., & Yu, K. (2020). Electrophoresis-based adaptive manipulation of nanowires in fluid suspension. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, *25*(2), 638-649.
- Xi, N., Yang, R., Lai, K. W. C., Song, B., Gao, B., Shi, J., & Su, C. (2011). Motion controller for atomic force microscopy based nanobiomanipulation. *Control Technologies for Emerging Micro and Nanoscale Systems*, 153-168.
- Yao, T. F., Duenner, A., & Cullinan, M. (2016). In-Line Dimensional Metrology for Nanomanufacturing Systems. In *International Manufacturing Science and Engineering Conference* (Vol. 49897, p. V001T02A076). American Society of Mechanical Engineers.
- Yao, Y., Fu, K. K., Yan, C., Dai, J., Chen, Y., Wang, Y., ... & Hu, L. (2016). Three-dimensional printable high-temperature and high-rate heaters. *Acs Nano*, *10*(5), 5272-5279.
- Yoon, H. S., Lee, H. T., Jang, K. H., Kim, C. S., Park, H., Kim, D. W., ... & Ahn, S. H. (2017). CAD/CAM for scalable nanomanufacturing: A network-based system for hybrid 3D printing. *Microsystems & Nanoengineering*, *3*(1), 1-11.
- Yu, H., Tang, W., Mu, G., Wang, H., Chang, X., Dong, H., ... & Li, T. (2018). Micro-/nanorobots propelled by oscillating magnetic fields. *Micromachines*, *9*(11), 540.
- Yuanyai, C., & Nembhard, H. B. (2015). Design of experiments: a key to innovation in nanotechnology. In *Emerging nanotechnologies for manufacturing*, 230-254. William Andrew Publishing.

- Zhang, J., Yang, Q., Ma, Q., Ren, F., Li, H., Zhang, C., ... & Chen, F. (2023). A stretchable slippery surface fabricated by femtosecond laser direct writing. *Applied Physics Letters*, 123(5).
- Zhao, B., & Zhang, Z. M. (2017). Design of optical and radiative properties of surfaces. *Springer International Publishing AG*, 58(1), 1023-1068.
- Zhao, G., Zhou, C., & Lin, D. (2018). Tool path planning for directional freezing-based three-dimensional printing of nanomaterials. *Journal of Micro-and Nano-Manufacturing*, 6(1), 010905.
- Zhou, F., Ni, H., Zhu, G., Bershadsky, L., Sha, R., Seeman, N. C., & Chaikin, P. M. (2023). Toward three-dimensional DNA industrial nanorobots. *Science Robotics*, 8(85), eadf1274.
- Zhou, Z., Zhang, S., Cao, Y., Marelli, B., Xia, X., & Tao, T. H. (2018). Engineering the future of silk materials through advanced manufacturing. *Advanced Materials*, 30(33), 1706983.

EKLER

EK 1. ORJİNALLİK RAPORU

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-15
		Yayın Tarihi Date of Pub.	04.12.2023
	FRM-YL-15 Yüksek Lisans Tezi Orijinallik Raporu <i>Master's Thesis Dissertation Originality Report</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev.Date	25.01.2024

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA	
Tarih: .../.../.....	
Tez Başlığı:.....	
Tez Başlığı (Almanca/Fransızca)*:.....	
Yukarıda başlığı verilen tezinin a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam sayfalık kısmına ilişkin,/...../..... tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezinin benzerlik oranı % 'dır.	
Uygulanan filtrelemeler*:	
1. <input type="checkbox"/> Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç	
2. <input type="checkbox"/> Kaynakça hariç	
3. <input type="checkbox"/> Alıntılar hariç	
4. <input type="checkbox"/> Alıntılar dâhil	
5. <input type="checkbox"/> 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç	
Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tezinin herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.	
Gereğini saygılarımla arz ederim.	
Ad-Soyad/İmza	

Öğrenci Bilgileri	Ad-Soyad	
	Öğrenci No	
	Enstitü Anabilim Dalı	
	Programı	

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.
(Unvan, Ad Soyad, İmza)

* Tez **Almanca** veya **Fransızca** yazılıyor ise bu kısımda tez başlığı **Tez Yazım Dilinde** yazılmalıdır.

**Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları İkinci bölüm madde (4)/3'te de belirtildiği üzere: Kaynakça hariç, Alıntılar hariç/dahil, 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 5 words) filtreleme yapılmalıdır.

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-15
		Yayın Tarihi Date of Pub.	04.12.2023
	FRM-YL-15 Yüksek Lisans Tezi Orijinallik Raporu <i>Master's Thesis Dissertation Originality Report</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev. Date	25.01.2024

TO HACETTEPE UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF.....

Date: .../.../.....

Thesis Title (In English):.....

According to the originality report obtained by myself/my thesis advisor by using the Turnitin plagiarism detection software and by applying the filtering options checked below on/...../..... for the total of pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, and d) Conclusion sections of my thesis entitled above, the similarity index of my thesis is %.

Filtering options applied**:

1. Approval and Declaration sections excluded
2. References cited excluded
3. Quotes excluded
4. Quotes included
5. Match size up to 5 words excluded

I hereby declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Social Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

Kindly submitted for the necessary actions.

Name-Surname/Signature

Student Information	Name-Surname	
	Student Number	
	Department	
	Programme	

SUPERVISOR'S APPROVAL

APPROVED
(Title, Name and Surname, Signature)

**As mentioned in the second part [article (4)/3] of the Thesis Dissertation Originality Report's Codes of Practice of Hacettepe University Graduate School of Social Sciences, filtering should be done as following: excluding refence, quotation excluded/included, Match size up to 5 words excluded.

EK 2. ETİK KURUL MUAFİYET FORMU

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-09
		Yayın Tarihi Date of Pub.	22.11.2023
	FRM-YL-09 Yüksek Lisans Tezi Etik Kurul Muafiyeti Formu <i>Ethics Board Form for Master's Thesis</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev.Date	25.01.2024

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA	
Tarih: .../.../.....	
Tez Başlığı (Türkçe):.....	
Tez Başlığı (Almanca/Fransızca)*:	
Yukarıda başlığı verilen tez çalışmam:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır. 2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir. 3. Beden bütünlüğüne veya ruh sağlığına müdahale içermemektedir. 4. Anket, ölçek (test), mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme gibi teknikler kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen araştırma niteliğinde değildir. 5. Diğer kişi ve kurumlardan temin edilen veri kullanımını (kitap, belge vs.) gerektirmektedir. Ancak bu kullanım, diğer kişi ve kurumların izin verdiği ölçüde Kişisel Bilgilerin Korunması Kanuna riayet edilerek gerçekleştirilecektir. 	
Hacettepe Üniversitesi Etik Kurullarının Yönergelerini inceledim ve bunlara göre çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kuruldan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.	
Gereğini saygılarımla arz ederim.	
Ad-Soyad/İmza	

Öğrenci Bilgileri	Ad-Soyad	
	Öğrenci No	
	Enstitü Anabilim Dalı	
	Programı	

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.
(Unvan, Ad Soyad, İmza)

* Tez **Almanca** veya **Fransızca** yazılıyor ise bu kısımda tez başlığı **Tez Yazım Dilinde** yazılmalıdır.

	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu Form No.	FRM-YL-09
		Yayın Tarihi Date of Pub.	22.11.2023
	FRM-YL-09 Yüksek Lisans Tezi Etik Kurul Muafiyeti Formu <i>Ethics Board Form for Master's Thesis</i>	Revizyon No Rev. No.	02
		Revizyon Tarihi Rev.Date	25.01.2024

HACETTEPE UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES DEPARTMENT OF.....	
Date: .../.../.....	
Thesis Title (In English):.....	
My thesis work with the title given above:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Does not perform experimentation on people or animals. 2. Does not necessitate the use of biological material (blood, urine, biological fluids and samples, etc.). 3. Does not involve any interference of the body's integrity. 4. Is not a research conducted with qualitative or quantitative approaches that require data collection from the participants by using techniques such as survey, scale (test), interview, focus group work, observation, experiment, interview. 5. Requires the use of data (books, documents, etc.) obtained from other people and institutions. However, this use will be carried out in accordance with the Personal Information Protection Law to the extent permitted by other persons and institutions. 	
I hereby declare that I reviewed the Directives of Ethics Boards of Hacettepe University and in regard to these directives it is not necessary to obtain permission from any Ethics Board in order to carry out my thesis study; I accept all legal responsibilities that may arise in any infringement of the directives and that the information I have given above is correct.	
I respectfully submit this for approval.	
Name-Surname/Signature	

Student Information	Name-Surname	
	Student Number	
	Department	
	Programme	

SUPERVISOR'S APPROVAL

APPROVED
(Title, Name Surname, Signature)