



sustainability

IMPACT
FACTOR
3.3

CITESCORE
6.8

Vaka Raporu

Akıllı Üretim ve Yeşil Teknoloji ile Tedarik Zincirinin Kısaltılması

Pandwe Aletha Gibson

Konu

Yeşil Operasyon ve Sürdürülebilir Çevrenin Teşvik Edilmesi için Yapay Zeka ve IoT

Düzenleyen

Dr. Chia-Huei Wu ve Prof. Dr. Wei Liu



<https://doi.org/10.3390/su152215735>



Akıllı Üretim ve Yeşil Teknoloji ile Tedarik Zincirinin Kısaltılması

Pandwe Aletha Gibson

MIT Media Lab, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, ABD; pandwe@ecotechvisions.com

Özet: Tedarik zincirindeki verimsizlikleri düzeltmek, özellikle büyük miktarlarda atık yaratan malzeme tedariki ve son kullanım geri dönüşümü gibi süreçleri yeniden ele alarak üretimi yeniden hayal etmemizi gerektiriyor. Tedarik zincirindeki verimsizlikler büyük miktarda atık yaratmakta ve üretimde inovasyonu engellemektedir; her ikisi de çevre için köklü endişelerdir. Karbon bazlı yakıtlar ve ürünler kara, hava ve deniz için zararlıdır. Toksik malzemelerden üretilen tek kullanımlık ürünler gıda ve tıbbi tedarik zincirlerini doldurmaktadır. İşletmeler giderek tek satın alma platformu modeline doğru ilerliyor (örneğin, Uber ve Airbnb). Bu makale, bu modeli izleyerek, tek bir satın alma platformunda yerel olarak son mil teslimatına erişim sunarken, rekabetçi bir fiyata etik kaynaklı ürünler elde etmek için bir çözüm olarak küçük ve orta ölçekli üreticileri üretim kapasitesiyle eşleştiren bir hizmet olarak platform (PaaS) üretim paylaşım hizmeti önermektedir. Nesnelerin İnterneti (IoT) platformunun geliştirilmesi şu dört şeyi başarabilir: (1) malzemelerin tedarik ve temininde daha iyi koordinasyon sağlamak, (2) çevre dostu ve geri dönüştürülmüş girdilerin etkin bir şekilde tedarik edilmesini sağlamak, (3) ekipman ve üretim kaynaklarının etkin dağıtımını sağlamak ve (4) son mil teslimatını merkezileştirip koordine ederek tedarik zincirini kısaltmak.

Anahtar Kelimeler: döngüsel ekonomi; döngüsel iş modeli; paylaşım ekonomisi; gelişmiş üretim; kapalı döngü tedarik zinciri ve lojistik; akıllı üretim; yapay zeka AI; robotik ve bilgisayar vizyonları; Nesnelerin İnterneti (IoT)



Alıntı: Gibson, P.A. Akıllı Üretim ve Yeşil Teknoloji ile Tedarik Zincirinin Kısaltılması. *Sürdürülebilirlik* **2023**, *15*, 15735. <https://doi.org/10.3390/su152215735>

Akademik Editörler: Ripon Kumar Chakraborty ve Davide Settembre-Blundo

Alındı: 14 Ağustos 2023
Revize: 26 Ekim 2023
Kabul Tarihi: 2 Kasım 2023
Yayınlanma tarihi: 8 Kasım 2023



Telif hakkı: © 2023 yazar tarafından. Lisans sahibi MDPI, Basel, İsviçre. Bu makale Creative Commons Attribution (CC BY) lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hüküm ve koşulları altında dağıtılan açık erişimli bir makaledir.

1. Giriş

Üretimi yeniden tasarlamak, tedarik zinciri verimliliğini ve son kilometre teslimatını iyileştirmek için Nesnelerin İnterneti (IoT) için bir sonraki sınırdır (Yang ve ark., 2018 [1]). Günümüzde teknolojiler, girişimciliği ve inovasyonu teşvik etmek amacıyla hammadde, nihai ürün üretimi ve dağıtımını için sistemi optimize etmek üzere tedarik zincirinin her iki ucunda da kullanılabilmektedir. Dünya nüfusunun yüzde altmış altısı şehirlerde yaşarken, dünya kaynaklarının yüzde yetmiş şehir merkezlerinde tüketilmektedir (Singh vd., 2020 [2]). Şehirler; nüfusları, araştırma erişimleri, alıcıları ve satıcıları nedeniyle kamu-özel sektör ortaklıkları için mükemmel yerlerdir - akıllı şehir hareketi ile hepsi tek bir yerde. Gelişmiş dijital altyapı, birbirine bağlı sensör ağları aracılığıyla akıllı şehirlerin büyük veri gelişimini desteklemekte, gelişmiş yönetim ve gelişen ekonomilere yol açmaktadır (Townsend 2021 [3]). IoT ve blok zinciri sensör ağları arasındaki etkileşim, atık toplama ile ilgili olarak ayıklama ve dağıtımda yüzde 98 doğruluğu kanıtlamıştır (Alqahtani vd., 2020 [4]). Benzer şekilde, sonuçlar sağlık hizmetleri, madencilik, ulaşım sektörleri, endüstriyel ürünler ve tüketici ürünlerinde de test edilmiştir. "Bu doğrultuda kuruluşlar, üretim araçlarından ve diğer otonom sistemlerden gelen verileri dönüştürmek, yakalamak, paylaşmak ve yorumlamak için yeni teknolojileri ve üretim yöntemlerini hızla benimsemektedir" (Sarvari vd., 2018 [5]; Khan vd., 2021 [6]). "Tedarik zinciri yönetiminde IoT'ler lojistik, üretim, kalite kontrol, envanter yönetimi ve gerçek zamanlı karar verme alanlarında kullanılmaktadır" (Ben-Daya vd., 2019 [7]). Karbon seviyelerini küresel olarak izleyen ve düzenleyen karbon kredilerinin yaygınlaştırılması için gerekli olan modele benzer şekilde, blok zinciri aracılığıyla makine öğrenimini kullanan üretim tesisleri, tüketici ürünleri pazarına doğru ürünlere geçerek yardımcı olabilir.

karbon düzenlemesi ve ardından kâr ederken nötrlük. Entegre sistemler aynı zamanda verimliliği kolaylaştırarak sosyal getiri, çevresel getiri ve finansal getiri olmak üzere üçlü getiri tablosuna yol açmaktadır (Victor ve House 2004 [8]). Yukarı ve aşağı akış tedarik zincirlerine uygulanan teknoloji, küresel optimizasyon yaratacak ve ürün teslimatı ve iklim hedeflerindeki belirsizliği azaltacaktır (Zhang vd., 2019 [9]).

2. Sektör Herkes İçin Daha İyi Bir Gelecek Sunmalıdır

On yedi Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH), iklim değişikliğinden olumsuz etkilenen yoksulluk, açlık, enerji, sanayi, yapıları çevre, karada yaşam ve temiz suyun iyileştirilmesi için bir çerçeve sunmaktadır (Danladi vd., 2023 [10]). Dünya, insanlığın hayatta kalması için kritik öneme sahip bu hedeflere ulaşmayı kabul etmiş olsa da ABD, sahip olduğu yetenek, uzay ve lojistik merkezlerine rağmen 1940'lardan bu yana üretim ve teknoloji sahası olarak büyük ölçüde göz ardı edilmiştir (Gruber ve Johnson 2019 [11]). Ancak tedarik kontrolü, çevre ve işçi haklarına ilişkin endişeler, bu çıkarları korumak amacıyla hem Amerika Birleşik Devletleri'nde hem de denizaşırı ülkelerde daha fazla ortaklık seçeneğinin araştırılması gerektiğinin altını çizmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde her gün yaklaşık 690.000 ton atık malzeme dünya çapında çöplüklere atılmaktadır (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı 2022 [12]). 2020 nüfus sayımı verilerine göre, Amerika'daki birçok kentte marjinal topluluklarda yaşayan insanların işsizlik oranları yüzde 11'in üzerindedir (ABD İşgücü İstatistikleri Bürosu 2021 [13]).

Amerika Birleşik Devletleri 1980'den bu yana toplam hasarın/maliyetin 1 milyar ABD dolarına ulaştığı veya aştığı (2022 tüketici fiyat endeksi ayarlaması dahil) 338 hava ve iklim felaketine maruz kalmıştır. Bu 338 olayın toplam maliyeti 2.295 trilyon ABD Dolarını aşmaktadır (Anderson 2022 [14]).

Cohen (2023 [15], s. 77-132) çevresel dalgalanmayı döngüsel ekonomi çözümüne doğru bir sıçrama tahtası olarak kullanmaktadır. Enerji, atık işleme, tüketici ürünleri ve altyapıya odaklanan yeşil teknolojilerin, inovasyonu sübvans etmek için vergi kredileri şeklinde kamu-özel ortaklıkları yoluyla bozulmaya hazır olduğunu kabul etmektedir; "üretim ve tüketim döngülerini kapatan geri kiralama iş modelleri" atık ve maden ayırma sistemlerini geliştirmektedir. Ancak Cohen'in kitabı, odak noktasının çoğunu ABD hükümetinin çevresel açıdan sürdürülebilir bir geçiş için verdiği desteğe harcamıştır (Schindler vd., 2012 [16]).

Sera gazı emisyonları çıkarma sırasında en yüksek seviyededir; bu nedenle çıkarma sırasında sera gazı emisyonlarının azaltılması kritik önem taşımaktadır (Stockholm Çevre Enstitüsü 2019 [17]). Koruma maliyetleri, üretim maliyetlerinin azaltılması, işlem süresinin kısaltılması, inovasyonun teşvik edilmesi ve istihdam yaratılması, sürdürülebilir döngüsel ekonomi üretiminin kritik unsurlarıdır. Karbon kredisi piyasaları, ilk çıkarımın etkisini azaltmak için küresel açıdan denkleştirmelerde kritik bir rol oynamaktadır; ancak, insanlara tek kullanımlık konfor sağlarken nötr emisyon hedeflerine ulaşmak için inovasyon ve ihtiyat teknolojisi gereklidir (Akenji vd., 2019 [18]).

3. Yurtdışındaki Potansiyel Karbon-Nötr Ortaklar

Şu anda dünya genelinde karbon nötrlüğünün geniş ormanları ve sınırlı nüfuslarıyla ilişkili olduğunu iddia eden yedi ülke bulunmaktadır: Yüzde 72'si ormanlardan oluşan Bhutan, yılda dokuz milyar ton CO₂emen bir Himalaya ülkesidir; Surinam'ın yüzde 97'si ormandır; Madagaskar otuz milyonluk nüfusu ve 230.000 mil karelik kara kütlesiyle dünyanın dördüncü büyük adasıdır. Büyük ölçüde yağmur ormanıdır ancak ormansızlaşma yaygındır. Panama'nın yüzde 57'si ormandır ve 2050 yılına kadar 50.000 hektarlık bir yeniden ağaçlandırma planına tabidir; Guyana 14.480 hektarlık yaşlı ormanlardan oluşmaktadır; Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nin batısındaki Gabon koruma altındaki yağmur ormanlarından oluşmaktadır ve petrol ve doğal gaz üretimiyle desteklenen bir ekonomiye sahiptir; Niue karbon emisyonlarının yüzde 0.0001'inden daha azını rapor eden volkanik bir adadır.

Bu ülkelerin çoğunun nüfusu, emisyonlarının küresel olarak diğer ülkelerin çoğuyla karşılaştırılabilmesi için çok küçük olsa da, Madagaskar bir istisnadır, çünkü

New York Eyaleti büyüklüğünde ve neredeyse iki katı nüfusa sahip. Dünya vanilya, karanfil ve ylang-ylang (sonuncusu Chanel parfümlerinde ve diğer güzellik ürünlerinde bulunur) arzının çoğunu sağlamasına rağmen Madagaskar'da yoksulluk oranının yüzde 81 olduğu bildirilmektedir (Dünya Bankası 2022 [19]).

Buna karşılık Panama'nın nüfusu 4,3 milyondur ve yeni kilitlerin ticari trafiğe açılmasından bu yana dramatik bir şekilde artan kanal ve buna bağlı ticaretin bir sonucu olarak güçlü bir sanayi ve istihdama sahiptir. Panama'da işsizlik oranı Yüzde 18,5, ancak nüfusun sadece yüzde 14'ü yoksulluk sınırının altında yaşamaktadır (Dünya Bankası 2022 [20]).

Birçok küresel ve ABD merkezli şirket için karbon dengelemeleri genellikle karbon kredileri yoluyla elde edilmektedir. Karbon dengelemeleri olarak da bilinen karbon kredileri, karbon üreticilerinin bir ton karbondioksit ve diğer sera gazlarının eşdeğerini, bu emisyonları azaltan veya atmosferden uzaklaştıran kuruluşlardan satın almalarına olanak tanır (Victor ve House 2004 [8]). Bu yeni ve büyüyen emtia, karbon dengeleme ülkeleriyle küresel ortaklıklar için bir teşvik yaratmaktadır; ancak değer izlenmesi önemli bir veri kapasitesi gerektirirken IoT/blockchain bir model sunmaktadır (Meng vd., 2020 [21]).

4. Amerika Birleşik Devletleri Tedarikçilerinin Değerlendirilmesi

Chicago, Illinois, Amerika Birleşik Devletleri'nde 2050 Paris Anlaşması hedeflerine ulaşmak için çaba sarf eden bir şehir örneğidir. Şehir, karbon emisyonlarını azaltmak, doğal su kaynaklarını korurken yeşil alanlarını artırmak ve atık toplama süreçleri ile geri dönüşüm altyapısına yatırım yapmak için en iyi uygulamaları benimsemiştir. Bu nedenle 2019 Yeşil Bina Benimseme Endeksi'nde Amerika'nın En Sürdürülebilir Şehri seçilmiştir (Belediye Başkanlığı Basın Ofisi 2019 [22]).

Chicago, tüm yeni inşaatların yeşil alan gerektirmesiyle sürdürülebilirlik konusunda üst üste üçüncü kez ülke lideri oldu. Şehir, Chicago Nehri'nin akışını tersine çevirerek Michigan Gölü'nü Kuzey Amerika'daki en sürdürülebilir su kütlesi haline getirmiştir. Bununla birlikte, kentin işsizlik oranı yüzde 4,8'dir ve silah şiddeti ve kamu güvenliği sorunları gibi zorluklarla karşı karşıyadır (ABD Çalışma İstatistikleri Bürosu 2022 [23]).

Chicago, 2003'ten 2010'a kadar dünyanın ilk karbon kredisi borsalarından birine de ev sahipliği yapmıştır. Chicago İklim Borsası (CCX), Kuzey Amerika ve Brezilya'daki emisyon kaynakları ve dengeleme projeleri için gönüllü bir karbon borsasıydı. CCX'in yıllık toplam 680 milyon metrik ton karbon taban çizgisi vardı; ancak ABD karbon piyasalarındaki hareketsizlik nedeniyle kapatıldı (Victor ve House 2004 [8]). Günümüz ikliminde, vergi teşvikleri ve yerli üretim için Temiz ve Mavi tanımlama gereklilikleri yürürlüğe girdikçe, karbon kredileri, enerji verimliliği ve üretim verimliliği üreticiler için giderek daha önemli hale gelmektedir.

Chicago, yeşil teknoloji enerji inovasyonuna öncülük etme potansiyeline sahip bir üretim ve lojistik merkezidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde son zamanlarda sürdürülebilirliğe ayrılan fonlar (369 milyon ABD doları tahsis eden 2022 Enflasyon Azaltma Yasası, 70 milyar ABD doları tahsis eden Ulaştırma ve Konut Ödenek Yasası, 133 milyar ABD doları tahsis eden Tarım Yasası ve Başkan Biden'ın iklime özel eylemler için 50 milyar ABD doları tahsis eden 1 trilyon ABD dolarlık altyapı yasası dahil) göz önüne alındığında, Chicago'da uygulanan en iyi uygulamalardan bazılarının ulusal çapta finanse edileceğini ve ölçeklendirileceğini varsaymak mantıklıdır. Yeşil çatılar ve elektrikli araç (EV) şarj istasyonu planları gibi bazı planlar henüz sistematik olarak finanse edilmemiş veya eyalet veya yerel imar düzeylerinde zorunlu kılınmamıştır. Chicago örneği, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki birçok şehir (Gruber'in Jump-Starting America [11] kitabına göre 100'den fazla) için geçerlidir ve birçok üretim, girişimciler ve teknik yeteneklerden yararlanmaya hazırdır (Gruber ve Johnson 2020 [11]). Eksik olan bileşen, üzerine inşa edilecek sistemdir.

Chicago, zamanının ötesinde doğru bir fikir örneğidir.

5. Tedarik Zinciri Verimsizliklerini Gidermek için Teknolojiyi Kullanan Yenilikçi Şirket Örnekleri

2020'de başlayan COVID-19 salgını, IoT sensör sektörü inovasyonunu ileriye taşıyarak aşılardan küresel olarak gerçek zamanlı dağıtımını izlemek için fırsatlar yaratmıştır. Sağlık ve tüketici ürünleri sektörlerinde takip ve izleme teknolojisindeki yenilik, bir bütün olarak IoT sensör sektörü için sezgisel bir uygulama sağlamaktadır (Goodarzian vd., 2023 [24]). Bu süreç, doğası gereği yeşil-ekonomik ve çevreseldir; çünkü üretim merkezinde başlar ve depolama sahasında sona erer; matematiksel olarak belirli bir döngüsel ekonomi modeli oluşturmak için alım, kişiselleştirilmiş teslimat ve geri dönüşümü kapsar (Goodarzian vd., 2021 [25]).

Atık toplama ve ürün kaynağı çıkarma teknoloji problemleridir (Mauch 2016 [26]). Teknoloji, müşteri taleplerine ve finansal kapasiteye göre uygulanmaktadır. Yenilikçiler yeni sorunlara odaklanmak için sermaye kazandıkça mevcut teknoloji için her gün yeni uygulamalar ortaya çıkmaktadır (Queiroz ve Telles 2018 [27]). Bugüne kadar risk sermayesi yatırımları oyun, kumar, e-ticaret ve sosyal platform geliştirmeye odaklandı çünkü bu sektörlerdeki kârlar inanılmazdı; ancak vergi kredileri ve hükümetin iklim konusundaki teşviklerinin bir sonucu olarak enerji, hammadde ve tüketici ürünlerinde yeni fırsatlar ortaya çıkıyor. Bilgi, tedarik zinciri verimliliği için çok önemlidir (Chopra ve Meindl 2004, [28], s. 511-515). Döngüsel ekonomi verimliliğini kolaylaştırmak ve izlemek için teknolojiyi içeren en yüksek kar için geliştirilmiş üretim modelleri yavaş yavaş benimsenmektedir (Visich vd., 2007 [29]). Maden çıkarma ve imalat sektörleri için olgunlaşmış bazı teknolojiler aşağıda özetlenmiştir.

5.1. Providence ve Blockchain Teknolojisi

Everledger: Bu blok zinciri platformu, elmas gibi yüksek değerli ürünlerin kaynağını takip etmesiyle bilinir. Uygulaması, meşru kökenlerini sağlamak için ek mayınlı malzemeler için kullanılabilir.

IBM Blockchain Platformu: Bu kurumsal kullanıma hazır çözüm, daha büyük madencilik operasyonları için uygundur. Platform, uçtan uca şifreleme sağlayarak birden fazla taraf arasında güvenli veri paylaşımı sağlar.

Chainpoint: Bu araç, kaynağını doğrulamak için verileri blok zincirine bağlar. Orta Afrika'da veya herhangi bir maden sahasında çıkarılan kaynakları izlemek için kullanılabilir ve her aşamada şeffaflık sağlar.

EcoTech Visions: Bu, üretimde çevre dostu ve geri dönüştürülmüş girdilerin sağlanmasını etkin bir şekilde izlemek için zincir üzerinde izleme kullanan ve plastik ve ambalaj sektöründeki potansiyel çevresel ve ekonomik etkilere ilişkin meta sezgisel içgörüler yaratan daha erken aşamalı bir PaaS'tır. Bu yaklaşım, tedarik zincirinin malzeme ve son mil teslimat aşamalarında karbon emisyonlarını ve genel atıkları azaltmak amacıyla tasarlanmıştır.

5.2. Hammadde Güvenliği için Tıbbi Teknoloji Uyarlamaları

RFID Etiketleri ve Sensörleri: Bazı mevcut tıbbi teknoloji (medtech) uygulamaları, tıbbi malzemelerin durumunu ve hareketini izlemek için radyo frekansı tanımlama (RFID) etiketleri ve sensörleri kullanmaktadır. Bu teknoloji, mayınlı hammaddelerin hareketini ve durumunu izlemek için kullanılabilir.

IoT-Etkin Cihazlar: Medikal teknolojide hasta takibi için kullanılan IoT teknolojisi, madenlerin durumunu ve malzemelerin geçişini izlemek için kullanılabilir ve gerçek zamanlı gözetim sağlanabilir.

Yapay Zeka Tabanlı Tahmine Dayalı Analiz: Medtech'te hasta sağlığı sonuçlarını tahmin etmek için kullanılan aynı yapay zeka araçları, tedarik zincirindeki aksaklıkları veya darboğazları tahmin etmek için kullanılabilir ve böylece potansiyel sorunları önceden ele alabilir.

ThinkIQ: Bu, 4.0 akıllı üretimde bir endüstri lideridir. Üretkenliği, sürdürülebilirliği ve güvenliği artırmak amacıyla tedarik zincirindeki kör noktaları çözmek için yapay zeka içgörülerini kullanır. Sürdürülebilirlik konusunda, öncelikle enerji verimliliği ve atık akışının azaltılmasına odaklanmakla birlikte, bir sistem lideridir. ThinkIQ aynı zamanda faydalı bir sınav-

çünkü tıbbi üretimle sınırlı değildir ve akıllı üretim sayesinde sektörler arasında verimli bir şekilde geçiş yapılabilir.

Özetle, providence ve blockchain teknolojisinin entegrasyonu, medtech çözümleri ve RFID teknolojisinin adaptasyonu ile birlikte, Orta Afrika madenciliğinde tedarik zinciri boyunca hammadde güvenliğini, tüketici ürün teslimatını ve üretimi iyileştirmek için önemli bir potansiyele sahiptir. Kapalı döngü tedarik zincirleri, hem yukarı hem de aşağı tedarik zincirlerini verilerle birbirine bağlayarak atık oyuncuları ortadan kaldırır ve verimliliği ve kârı milyarlarca artırır (Visich vd., 2007 [29]). Bu tavsiyelerin ve diğerlerinin her birini daha derinlemesine inceleyerek uygulanabilirliklerini ve özel bağlama uyulanabilirliklerini değerlendirmek faydalı olacaktır.

6. Üretim için IoT Platformu için Yeşil Teknoloji Yenilikleri ve Fırsatları

Yeşil teknoloji tedarik zinciri optimizasyonu ekonomik, çevresel ve sosyal etkiler de dahil olmak üzere tüm sürdürülebilirlik kriterlerini dikkate almaktadır (Momenitabar v d ., 2022 [30]). Bilgisayarlaşma bize, çok kısa bir süre içinde bilgimizi, iletişimimizi, erişilebilirliğimizi ve becerimizi katlanarak artıran baş döndürücü bir teknoloji silsilesi armağan etti (Azevedo vd., 2019 [31]). Amerika Birleşik Devletleri artık en iyi düşünürlerle bağlantılı, en sofistike araçlara sahip ve en iyi yaklaşımlara erişebiliyor. Üretim liderleri, sorunları ele almanın temiz yollarına; yenilik yapmak, inşa etmek, çözmek ve yaşamak için yeşil çözümlere; toplumlarımızı gelecek nesiller boyunca ilerletecek ve koruyacak sürdürülebilir yöntemlere ve tüm bu öğrenilenleri üretimin en yeni çağında işe koymak için paylaşılan kaynaklara odaklanmaktadır.

"Yeşil teknoloji" veya "yeşil teknoloji", üretim süreci veya tedarik zinciri temelinde çevre dostu olarak kabul edilen teknoloji olarak tanımlanmaktadır - fosil yakıtların yakılması gibi daha geleneksel enerji üretme yöntemlerine kıyasla çevreye daha az zarar veren bir enerji üretim aracı (Fernando 2022, [32]; Kenton 2022 [33]). Yeşil teknoloji nispeten genç bir sektördür, ancak küresel ısınma korkusu ve doğal kaynakların artan kıtlığı gerekliliğini artırmıştır. Yeşil teknoloji, büyük bir şirketin bir bölümünün hedefi ya da daha küçük bir start-up firmasının odaklanmış misyon beyanı olabilir. Geri dönüştürülmüş ürün ambalajından daha uzun ömürlü ampullere ve alternatif enerji üretimine kadar her şeyi kapsayabilir.

"Yeşil fonlar" olarak bilinen uzmanlaşmış yatırım fonları, yatırım dolarları için yeşil teknoloji hareketindeki halka açık liderleri aramaktadır. Buna ek olarak, sosyal bilince sahip birçok yatırımcı yalnızca çevre dostu olan veya bu yönde taahhütte bulunan şirketlere yatırım yapmayı tercih edebilir. Starbucks ve Whole Foods gibi büyük şirketler, çeşitli küçük girişimlerin yanı sıra yeşil teknoloji uygulamalarını kullanmaktadır, ancak emisyonların ve geri dönüşümün etkili bir şekilde izlenmesi durumunda çok daha fazlası başarılabilir (Kamble vd., 2018 [34]). "Çevre dostu üretime doğru ilerlemek, atıkları azaltmak, enerji tasarrufu sağlamak ve kaynakları korumak için, kapalı döngü tedarik zincirlerinde (CLSC), kullanılmış ürünler, yeni ürünler oluşturmak için üretim atıklarını yeniden kullanmak üzere orijinal üreticiye iade edilir" (Gholian-Jouybari ve diğerleri, 2023 [35]).

İklim değişikliği göz önünde bulundurulduğunda, üretimin geleceği çözümler için bugünün girişimcilerine bakmalıdır. "Küresel ısınmayı bir kaçınılmazlık olarak değil, yaratıcılığı, şefkati ve dehayı uyandıran bir yol inşa etmek, yenilik yapmak ve değişimi gerçekleştirmek için bir davet olarak görüyoruz. Bu ne liberal bir gündem ne de muhafazakâr bir gündemdir. Bu insani bir gündemdir." (Hawken 2017 [36]). "Akıllı laboratuvarların" daha çevreci üretim ve imalat için şimdiye kadar sunduğu yeniliklere ilişkin örnekler aşağıda özetlenmiştir.

6.1. Dikey Tarım

Bu çiftlikler, hedeflenen UV ışığı kullanarak büyük binalarda hidroponik olarak bitki yetiştirmektedir. Bitkiler dikey olarak istiflenir ve ışık spektrumuna maruz kalma seçimi, daha az enerji tüketimi ile daha verimli büyümeye olanak tanır. Nüfusun ve organik gıda ürünlerine olan talebin artmaya devam edeceği düşünüldüğünde, dikey tarımın 2050 yılına kadar mahsul yetiştirmenin baskın biçimi haline gelmesi mümkündür.

6.2. Yeşil Gömü

Çevre dostu definler, tarihsel olarak karbon yoğun, geleneksel defin yöntemlerinin yerini "mantar ölüm giysileri" ve biyolojik olarak parçalanabilen tabutlar almaktadır. Ayrıca şu anda mercan ekosistemlerinin yenilenmesine yardımcı olan resif topraklarının denize gömülme seçenekleri de bulunmaktadır.

6.3. Daha İyi Aydınlatma

LED aydınlatma, hem daha enerji verimli hem de Afrika'da sıtmanın yayılmasını azaltmak ve yeni tarım süreçleri yoluyla hızlandırılmış ürün büyümesini teşvik etmek için kullanılabilen ışık sağlayarak çağdaş pazarları ele geçirmiştir.

6.4. Yaygın Kompostlama

Amerikalılar atıkları nasıl bertaraf ettikleri konusunda giderek daha bilinçli hale geldiler ve bu da ilk olarak geri dönüşümü artırmaya yönelik yaygın girişimleri içeriyordu. Şimdi, bozunabilir atıkların kompostlaştırılmasını teşvik etmek için eğitim ve uygulama girişimleri hayata geçiriliyor.

6.5. Piller

Daha çok yönlü ve dayanıklı lityum-iyon pillerin üretimine elektrikli araç sektöründeki şirketler öncülük ediyor. Örneğin Tesla, yılda 500.000 lityum-iyon pil üretebilecek bir lityum-iyon pil fabrikası inşa edebilir. Bataryaların bir kısmı güneş enerjisi ile şarj edilebilir olacaktır.

6.6. Evde Yenilenebilir Enerji

Devlet vergi kredileri ve güneş enerjisi maliyetlerinin düşmesi, ABD'de daha fazla hanenin yenilenebilir enerjiyi keşfetmesine yol açıyor. Almanya gibi ülkeler yenilenebilir enerji kullanımında başı çekmektedir, ancak ABD de yavaş yavaş ilgi görmeye başlamıştır ve ülke genelinde yaklaşık altı yüz bin ev güneş enerjisi kullanmaktadır.

6.7. Açık Deniz Rüzgâr Enerjisi

İskoçya ve Japonya açık deniz rüzgar çiftliklerinde orta düzeyde başarı elde ederken, ABD'nin amiral gemisi Cape Wind projesi (bkz. Makoto vd., 2015 [37]) devam eden finansman sorunları nedeniyle tamamlanmakta zorlanmış ve proje 2017 yılında durmuştur.

6.8. Uygun Fiyatlı Yeşil Araçlar

Elektrikli araç pazarı hızla büyümüştür ve bugün pazarda Ferrari'den Ford kamyonetlere kadar tüketiciler için çok sayıda elektrikli araç seçeneği bulunmaktadır. Mevcut elektrik şebekesinin, ağırlıklı olarak elektrikli araç kullanan bir nüfus için gerekli enerji çıkışını destekleyecek şekilde inşa edilmediğini belirtmek gerekir. Yeni talep, mevcut enerji sistemlerini geliştirmek için bir itici güç olmalıdır.

6.9. Yeşil Çatılar ve Yaşayan Duvarlar

Karbon tutulması, iklim değişikliğini ele almanın en hızlı yollarından biridir. Bu, yapılı çevre içindeki yeşil alanlara yapılan yatırımlar ve plankton ve mercanların yeniden çoğaltılması projeleri yoluyla hem su hem de hava ortamlarında etkilidir.

6.10. Üretim için bir IoT Platformu

Lojistiği bir platforma bağlamanın gücü, sürdürülebilir bir yaklaşımla "akıllı" üretimi teşvik etmek ve sera gazı (GHG) emisyonlarında gerçek zamanlı düşüşler kaydetmektir. Akıllı üretim, karbon çıktısı hakkında veri toplama şeffaflığı sağlar. Bu, robotik ve sensör teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde mümkün olmaktadır. Ticari üretim ortak alanları, kamu ve özel sektör aktörlerinin girişimcileri ve yeni kurulan şirketleri desteklemesinin bir yoludur. Birçok girişimci için kuluçka merkezleri, yatırımcı ağlarına, mentorluğa ve işlerini düzgün bir şekilde başlatmak için gerekli becerilere erişmek için tek seçenektir. Çoğu işletme kuluçka merkezi yalnızca yeni işletmelere veya teknolojiyle ilgili şirketlere açık olsa da

(halka açık olmayan inkübatörlerin çoğunluğu), bu makale, üretim şirketlerini büyütmek isteyen girişimcilere hizmet veren daha fazla işletme inkübatörüne ihtiyaç olduğunu savunmaktadır.

Üretim için bir IoT platformu, sürdürülebilir ürün geliştirme yoluyla bireyleri ve küçük işletmeleri büyütmeye ve desteklemeye potansiyeline sahiptir ve dağıtılmış defterin üstün yetenekleri nedeniyle geçimlik ücretlerle iş yaratılması genellikle blok zincirinde yer almaktadır. Değişmezlik, şeffaflık ve ihtiyatın sürdürülebilir topluluklar inşa ettiği ve ürünleri tüketicilere daha hızlı ulaştırırken üretimlerinde sıfır atık süreci sağlayarak çevresel çabaları desteklediği kanıtlanmıştır (Khan vd., 2021 [6]). Blok zinciri teknolojisi gelecekteki akıllı ağ ortamları için önemli etkilere sahip olsa da, çoğu güvenlik ve gizlilik, güven, ölçeklenebilirlik ve iş açıklarıyla ilgili bir dizi teknik zorlukla karşı karşıyadır (Singh vd., 2020 [2]).

Her yıl on üç milyon ton plastik dünya okyanuslarında kendine bir yuva bulacak ve dünya ekolojisi üzerinde önemli bir olumsuz etki yaratacaktır. Akıllı üretim, sadece tek kullanımlık ambalaj pazarını hedefleyerek bunu birkaç yıl içinde yarı yarıya azaltabilir (Akenji vd., 2019 [18]). Döngüsel ekonomi uzmanları, işlenmemiş plastik reçinelerin biyoresinler ve atık toplama geri dönüşüm süreçleri ile azaltılmasının bir kombinasyonunu önermektedir; bu süreçler toplu olarak yıllık 600 milyar dolarlık büyüyen bir pazarı oluşturmaktadır (Mauch 2016 [26]). Bununla birlikte, endüstriyel mahsuller ve ürünler, ilaç dağıtımı, biyoyakıt ve tüketici ürünleri sektörlerinde test edilenlere benzer şekilde, döngüsel CLSC'ler nötr üretime doğru meta-sezgisel öğrenmeyi yinelemenin en etkili yoludur (Gholian-Jouybari ve diğerleri, 2023 [35,38]; Momenitabar ve diğerleri, 2022 [30]; Azevedo ve diğerleri, 2019 [31]).

"Yeşile dönmek", makine öğrenimi ile uygulandığında şirketler için ticari açıdan mantıklıdır (Kamble vd., 2018 [34]; Queiroz ve Telles 2018 [27]). İşletmeler, geri dönüştürülmüş malzemeler kullanarak yenilenebilir enerjiden yararlanarak daha rekabetçi ürünler üretebilir ve ülke çapında artan tüketici çevre bilinci trendine hitap edebilir. Bir IoT platformu, yüksek vasıflı işgücüne, sübvansiyonlu üretim makinelerine ve ürünlerini üretmek için laboratuvarlara erişim sağlayarak yeşil üretim işletmelerini 360 derece iş hizmetleriyle destekleyebilir. Şehirler, teknoloji entegrasyonunu destekleyen bir iş modeline sahip olarak bu konuda bir rol oynayabilir; ancak sektör küresel ölçek için en uygun olanıdır (Timeus vd., 2020 [39]). Bir model olarak EcoTech Visions, verimli ve güvenli bir blok zincirine bağlanarak sonradan değil, platform düzeyinde güvenilir bağlantı ile hesap verebilir, değişmez bir tedarik zinciri defteri sağlamaya hazır olduğundan, mevcut teori ve sektörler arası pratik uygulamaların en doğru sentezidir.

7. Tartışma

Üretimin geleceğinin karşı karşıya olduğu temel sorunlardan biri iklim değişikliğidir. İklim değişikliğinin işaretlerini kabul etsek de etmesek de, ekonomik kararlarımız ve enerji kullanımımız gezegendeki aşırı hava değişimlerine katkıda bulunuyor. Artık daha sıcak, daha kuru ve çevresel açıdan daha değişken bir dünyada yaşıyoruz ve bunun insani ve ekonomik sonuçları oluyor. Tedarik zincirlerinin izlenmesi ve takip edilmesi, bir sektörün on yedi SKH'ye ulaşmadaki başarısını veya başarısızlığını etkilemek ve ölçmek için etkili bir stratejidir, çünkü tedarik zincirleri insanların hayatta kalmak için ihtiyaç duydukları şeyleri elde etme mekanizmasıdır ve dolayısıyla en büyük emisyonlarımızın yeridir.

Bu tür çevresel ve ekonomik faktörler, üretim, geri dönüşüm ve yeniden ele geçirme süreçlerinin yeniden tasarlanmasını gerektirmektedir. Bu makale, küçük ve orta ölçekli üreticileri etik kaynaklı ürünler sağlayan yerel alıcılarla eşleştiren ve tek bir satın alma platformunda yerel son mil teslimatı sunan bir IoT platformunun üretim için faydalarını savunarak bir çözüm sunmaktadır. Doğru verilerin toplanması ve üretim süreçlerinin, karbon çıktısının, birim teslimat verimliliğinin ve tedarikin blok zinciri aracılığıyla otomatikleştirilmesiyle, ürün satışlarında, karbon kredisi piyasalarında, vergi kredilerinde ve geri kazanım/geri dönüşüm malzemelerinde üç kat gelir elde edilebilir. Bu durum sektör liderleri için eşsiz bir iş fırsatı yaratmaktadır.

Ekolojik ambalajlama ve fason üretime yönelik akıllı inovasyonlar, biyoplastik ambalaj üretimi yoluyla sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeline sahiptir ve

Karbon yakalama ve tutma işlemlerinde kullanım için öncü tasarım. Ayrıca, tedarik zincirini küçültün ve nakliye ihtiyaçlarını azaltan bir sistem sağlayabilir. Başarılı bir IoT platformu, kimlikler, değer aktarımı ve aktarım noktaları hakkında bilgi toplayarak bir tedarik zinciri boyunca bağlı noktaların benzersiz bir veri alışverişini sağlayacaktır. Bu veriler tedarikçiler, satıcılar ve müşteriler arasındaki ilişkilere dair özel içgörüler sağlayabilir. Akıllı üretim, karbon emisyonlarını, teslimat verimsizliğini ve toplam maliyeti azaltarak hem gezegen hem de bir şirketin lojistik giderleri için zaman içinde tasarruf sağlayabilecek yeniden kullanılabilir ambalajlar sağlar.

Bir Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) start-up'ı olan EcoTech Visions (ETV), Jonathan Gruber ve Simon Johnson'ın Jump-Starting America (Jonathan Gruber ve Simon Johnson, 2019, [11]) adlı kitabında sunduğu önerileri hayata geçirmeye çalışıyor. Araştırma, Orta Batı ve Güneydoğu Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 102 bölgenin İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana büyük ölçüde göz ardı edildiğini, ancak üretim ve ileri teknolojiye yenilikleri ilerletmek için muazzam bir kaynak havuzuna (yani yetenek, alan ve lojistik merkezler) sahip olduğunu öne sürüyor. EcoTech Visions yerel olarak üretilen ekolojik ambalajlar sağlamaktadır.

Birçok kent için iklim eylem planları, Kyoto Protokolü'nü (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği 2006 [40]) takiben 2050 yılına kadar sera gazı (GHG) emisyonlarında yüzde 90'lık bir azalmaya odaklanmaktadır. Bu planlar, atık ve kirliliğin azaltılmasının yanı sıra halkın katılımını, işletmelerin katılımını ve geleceğe yönelik planlamayı gerektiren uyum ilkelerini de içermektedir. Bu hedeflere ulaşmanın, kirliliği azaltmanın ve tedarik zincirini kısaltmanın belirli bir yolu, tüm tüketici ürünlerinin nasıl paketlenildiğini yeniden tasarlamaktır; bu da sürdürülebilir, bozunabilir malzemeleri yaygın olarak kullanılabilir hale getirecek ve bu malzemelerin d a ğ ı t ı m ı n ı n izlenmesine izin verecektir.

Bir IoT platformunun geliştirilmesi (1) çevre dostu ve geri dönüştürülmüş girdilerin etkin bir şekilde temin edilmesini sağlamak için malzemelerin tedarik ve teminini koordine edebilir, (2) üretim ve ekipman kaynaklarını verimli bir şekilde dağıtabilir ve (3) son mil teslimatını merkezileştirip koordine ederek tedarik zincirini kısaltabilir. Belirtilindiği üzere EcoTech Visions, Amerika'daki ilk entegre kaynak bulma, üretim ve ürün teslimatı modelidir. Lojistiği bir platforma bağlamanın gücü, sürdürülebilir bir yaklaşımla "akıllı" üretimi teşvik etmek ve sera gazı emisyonlarında gerçek zamanlı düşüşler kaydetmektir. Hawken'in de belirttiği gibi, "Biz küresel ısınmayı kaçınılmaz bir durum olarak değil, yaratıcılığı, şefkati ve dehayı uyandıran bir yol inşa etmek, yenilik yapmak ve değişimi gerçekleştirmek için bir davet olarak görüyoruz. Bu ne liberal bir gündem ne de muhafazakâr bir gündemdir. Bu insani bir gündemdir." (Hawken 2017 [36]).

Finansman: Bu araştırma herhangi bir dış finansman almamıştır.

Kurumsal İnceleme Kurulu Beyanı: Geçerli değil. **Bilgilendirilmiş**

Onam Beyanı: Geçerli değil.

Veri Kullanılabilirliği Beyanı: Veriler Pandwegibson.com adresinden talep edilebilir (erişim tarihi 14 Ağustos 2023).

Çıkar Çatışmaları: Yazar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Referanslar

1. Yang, S.; MR, A.R.; Kaminski, J.; Pepin, H. Yeniden Üretimi Desteklemek için Endüstri 4.0 Fırsatları. *Appl. Sci.* **2018**, *8*, 1177. [CrossRef]
2. Singh, S.; Sharma, P.K.; Yoon, B.; Shojafar, M.; Cho, G.H.; Ra, I.-H. Sürdürülebilir Akıllı Şehir için IoT Ağında Blockchain ve Yapay Zekanın Yakınsaması. *Sürdürülebilir. Şehirler Soc.* **2020**, *63*, 102364. [CrossRef]
3. Townsend, J. Veri Odaklı Akıllı Sürdürülebilir Şehirlerde Birbirine Bağlı Sensör Ağları ve Makine Öğrenimi Tabanlı Analitik. *Jeopolitik. Tarih. Uluslararası İlişkiler. İlişkiler.* **2021**, *13*, 31-41. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.jstor.org/stable/27031365> (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
4. Alqahtani, F.; Al-Makhadmeh, Z.; Tolba, A.; Said, W. Akıllı Şehirler için Nesnelerin İnterneti Tabanlı Kentsel Atık Yönetim Sistemi Bir Guguk Kuşu Arama Algoritması Kullanarak. *Kümeleme. Comput.* **2020**, *23*, 1769-1780. [CrossRef]
5. Sarvari, P.A.; Ustundag, A.; Cevikcan, E.; Kaya, I.; Cebi, S. Endüstri 4.0 için Teknoloji Yol Haritası. *Endüstri 4.0 içinde: Managing the Digital Transformation*; Ustundag, A., Emre Cevikcan, E., Eds.; e-book; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017.
6. Khan, I.S.; Ahmad, M.O.; Majava, J. Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilir Kalkınma: Üçlü Alt Çizgi, Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir İş Modelleri Perspektiflerinin Sistemik Bir Haritalaması. *J. Clean. Prod.* **2021**, *297*, 126655. [CrossRef]

7. Ben-Daya, M.; Hassini, E.; Bahroun, Z. Nesnelerin İnterneti ve Tedarik Zinciri Yönetimi: Bir Literatür İncelemesi. *Int. J. Prod. Res.* **2019**, *57*, 4719-4742. [CrossRef]
8. Victor, D.F.; House, J.C. Yeni Bir Para Birimi: İklim Değişikliği ve Karbon Kredileri. *Harv. Int. Rev.* **2004**, *26*, 56-59. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <http://www.jstor.org/stable/42762946> (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
9. Zhang, X.; Fang, W.; Pi, Z. Bilgi Paylaşımı, Tedarik Zinciri Yapısı ve Performans Arasındaki Etkileşim. *J. Coast. Res.* **2019**, *93*, 870-878. [CrossRef]
10. Danladi, S.; Prasad, M.S.V.; Modibbo, U.M.; Ahmadi, S.A.; Ghasemi, P. Finansal İçerme Yoluyla Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine Ulaşmak: Gelişmekte Olan Ekonomilerde Fintech'in Benimsenmesine Yönelik İşbirlikçi Yaklaşımların Keşfedilmesi. *Sürdürülebilirlik* **2023**, *15*, 13039. [CrossRef]
11. Gruber, J.; Johnson, S. *Jump-Starting America: How Breakthrough Science Can Revive Economic Growth and the American Dream*, 1. baskı; Public Affairs: New York, NY, ABD, 2019.
12. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı. *Dayanaksız Mallar: Ürüne Özel Veriler*; Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı: Washington, DC, ABD, 2022. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/nondurable-goods-product-specific-data> (erişim tarihi: 13 Ağustos 2023).
13. ABD İşgücü İstatistikleri Bürosu. Irk ve Etnik Kökene Göre İşgücü Özellikleri. 2020. Kasım 2021. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.bls.gov/opub/reports/race-and-ethnicity/2020/home.htm#:~:text=By%20race%2C%20Whites%20made%20up,less%20than%20half%20a%20percent> (14 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
14. Anderson, B. Tarımsal Hava Forumu: Aşırı Fırtınalar ve Rekort Sıcaklık Eylül Ayına Damgasını Vurdu; Progressive Farmer: Birmingham, AL, ABD, 2022; Çevrimiçi erişim: <https://www.dtnpf.com/agriculture/web/Ag/blogs/ag-weather-forum/blog-post/2022/10/14/extreme-storms-record-heat-september> (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
15. Cohen, S. *Çevresel Olarak Sürdürülebilir Büyüme: Pragmatik Bir Yaklaşım*; Columbia University Press: New York, NY, ABD, 2023.
16. Schindler, R.; Schmalbein, N.; Steltenkamp, V.; Cave, J.; Wens, B.; Anhalt, A. *SMART TRASH: Study on RFID Tags and the Recycling Industry*; RAND Corporation: Santa Monica, CA, ABD, 2012; Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR1283.html (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
17. Stockholm Çevre Enstitüsü. *Döngüsel Ekonomi Yoluyla Dönüşümsel Değişim*; Stockholm Çevre Enstitüsü: Stockholm, İsveç, 2019.
18. Akenji, L.; Bengtsson, M.; Kato, M.; Hengesbaugh, M.; Hotta, Y.; Aoki-Suzuki, C.; Gamaralalage, P.J.D.; Liu, C. *Döngüsel Ekonomi ve Plastikler: ASEAN Üye Ülkelerinde Bir Boşluk Analizi*; Küresel Çevre Stratejileri Enstitüsü: Kanagawa, Japonya, 2019; Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://asean.org/book/circular-economy-and-plastics-a-gap-analysis-in-asean-member-states/> (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
19. Dünya Bankası. Büyüme Yavaşlarken Madagaskar'ın Ekonomik Fırtınadan Kurtulmak İçin Yeni Bir Reform Hamlesine İhtiyacı Var. 2022. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2022/06/01/as-growth-slows-madagascar-needs-a-new-reform-drive-to-steer-clear-of-the-economic-storm> (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
20. Dünya Bankası. Panama'daki Dünya Bankası. 2022. Available online: <https://www.worldbank.org/en/country/panama/overview#:~:text=Poverty%20is%20estimated%20to%20decrease,recovery%20of%20the%20labor%20market> (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
21. Meng, W.; Li, W.; Tug, S.; Tan, J. Towards Blockchain-Enabled Single Character Frequency-Based Exclusive Signature Matching in IoT-Assisted Smart Cities. *J. Parallel Distrib. Hesaplama.* **2020**, *144*, 268-277. [CrossRef]
22. Belediye Başkanı Basın Ofisi. Chicago Amerika'da Çalışmak İçin En Yeşil Yer Seçildi. 1 Kasım 2019. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://www.chicago.gov/city/en/depts/mayor/press_room/press_releases/2019/october/RankedGreenestCity.html (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
23. ABD İşgücü İstatistikleri Bürosu. Orta Batı Bilgi Ofisi: Chicago. 2022. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://www.bls.gov/regions/midwest/il_chicago_msa.htm (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
24. Goodarzan, F.; Navaei, A.; Ehsani, B.; Ghasemi, P.; Muñuzuri, J. Nesnelerin İnternetini Kullanarak Entegre Duyarlı-Yeşil-Soğuk Aşısı Tedarik Zinciri Ağı Tasarlama: Yapay Zeka Tabanlı Çözümler. *Ann. Oper. Res.* **2023**, *328*, 531-575. [CrossRef] [PubMed]
25. Goodarzan, F.; Abraham, A.; Ghasemi, P.; Mascolo, M.D.; Nasser, H. Gri Esnek Doğrusal Programlama Kullanarak Yeşil Bir Evde Sağlık Hizmeti Ağı Tasarlama: Sezgisel Yaklaşımlar. *J. Comput. Des. Eng.* **2021**, *8*, 1468-1498. [CrossRef]
26. Mauch, C. Giriş: Sıfır Atık Çağrısı. *RCC Perspect.* **2016**, *3*, 5-12. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.jstor.org/stable/26241370> (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
27. Queiroz, M.M.; Telles, R. Tedarik Zinciri ve Lojistikte Büyük Veri Analitiği: Ampirik Bir Yaklaşım. *Int. J. Logist. Manag.* **2018**, *29*, 767-783. [CrossRef]
28. Chopra, S.; Meindl, P. *Tedarik Zinciri Yönetimi: Strategy, Planning, and Operations*, 2nd ed.; Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, ABD, 2004.
29. Visich, J.K.; Li, S.; Khumawala, B.M. Khumawala. RFID ile Kapalı Döngü Tedarik Zincirlerinde Ürün Geri Kazanım Değerinin Artırılması. *J. Manag. Issues* **2007**, *19*, 436-452.
30. Momenitabar, M.; Ebrahimi, Z.D.; Ghasemi, P. Sürdürülebilir Bir Biyoetanol Tedarik Zinciri Ağı Tasarlama: Makine Öğrenimi ve Meta-Heuristik Algoritmaların Kombinasyonu. *Ind. Crops Prod.* **2022**, *189*, 115848. [CrossRef]

31. Azevedo, S.G.; Santos, M.; Antón, J.R. Yenilenebilir Enerji Tedarik Zinciri: Bibliyometrik Bir İnceleme Yaklaşımı. *Biyokütle Biyoenerji* **2019**, *126*, 70-83. [CrossRef]
32. Fernando, J. Cleantech: Çevre Dostu Uygulamalar ve Teknolojiler için Terim. Investopedia. 30 Haziran 2022. Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://www.investopedia.com/terms/c/cleantech.asp> (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
33. Kenton, W. Yeşil Teknoloji Nedir? Nasıl Çalışır, Türleri, Benimsenmeleri ve Örnekleri. Investopedia. 12 Ocak 2022. Available online: https://www.investopedia.com/terms/g/green_tech.asp (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
34. Kamble, S.S.; Gunasekaran, A.; Gawankar, S.A. "Sürdürülebilir Endüstri 4.0 çerçevesi: Mevcut Eğilimleri ve Gelecek Perspektiflerini Belirleyen Sistematiik Bir Literatür Taraması. *Süreç Güvenliği. Çevre. Prot.* **2018**, *117*, 408-425. [CrossRef]
35. Gholian-Jouybari, F.; Hashemi-Amiri, O.; Mosallanezhad, B.; Hajiaghahi-Keshteli, M. Belirsizlik altında pazarlama uygulamalarını dikkate alan sürdürülebilir bir tarımsal gıda tedarik zinciri için metasezgisel algoritmalar. *Uzman Sist. Appl.* **2023**, *213*, 118880. [CrossRef]
36. Hawken, P. *Drawdown: Küresel Isınmayı Tersine Çevirmek için Şimdiye Kadar Önerilen En Kapsamlı Plan*; Penguin: New York, NY, ABD, 2017.
37. Makoto, E.; Gaskin, J.; Maskulrah, P.; Singh, K. *Cape Wind: The Collapse of the United States' Inaugural Offshore Wind Farm Project*; British Columbia Üniversitesi: Vancouver, BC, Kanada, 2015; Çevrimiçi olarak mevcuttur: <https://environment.geog.ubc.ca/cape-wind-the-collapse-of-the-united-states-inaugural-offshore-wind-farm-project/> (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).
38. Rajabi-Kafshgar, A.; Gholian-Jouybari, F.; Seyedi, I.; Hajiaghahi-Keshteli, M. Bir tarımsal kapalı döngü tedarik zinciri ağı tasarlamak için hibrit meta-sezgisel yaklaşımın kullanılması. *Uzman Sist. Appl.* **2023**, *217*, 119504. [CrossRef]
39. Timeus, K.; Vinaixa, J.; Pardo-Bosch, F. Akıllı Şehirler için İş Modelleri Oluşturmak: Pratik Bir Çerçeve. *Kamu Yönetimi. Rev.* **2020**, *22*, 726-745. [CrossRef]
40. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği. Kyoto Protokolü Nedir? 16 Mart 2006. Çevrimiçi olarak mevcuttur: https://unfccc.int/kyoto_protocol (13 Ağustos 2023 tarihinde erişilmiştir).

Feragatname/Yayıncının Notu: Tüm yayınlarda yer alan ifadeler, görüşler ve veriler MDPI ve/veya editör(ler)e değil, yalnızca yazar(lar)a ve katkıda bulunan(lar)a aittir. MDPI ve/veya editör(ler), içerikte atıfta bulunulan herhangi bir fikir, yöntem, talimat veya üründen kaynaklanan insanlara veya mallara gelebilecek herhangi bir zarar için sorumluluk kabul etmez.