



Research Article

ENDÜSTRİ 4.0 İLE ŞEKİLLENEN ÜRETİM SİSTEMLERİNDE DEĞER AKIŞ HARİTALAMA: SİSTEMATİK LİTERATÜR ANALİZİ VE KAVRAMSAL MODEL ÖNERİŞİ*

PRODUCTION SYSTEMS TRANSFORMED BY INDUSTRY 4.0 AND VALUE STREAM MAPPING: SYSTEMATIC LİTERATURE ANALYSIS AND CONCEPTUAL MODEL PROPOSAL

Emre BİLGİN SARI*

*Doç. Dr. Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF, İşletme Bölümü, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5110-1918

Article Info:

Received : Feb 21, 2022
Revised : Apr 04, 2022
Accepted : Apr 29, 2022

Keywords:

Value Stream Mapping
Digital Transformation
Industry 4.0
VSM 4.0
DVSM

Anahtar Kelimeler:

Değer Akışı Haritalaması
Dijital Dönüşüm, Endüstri 4.0
VSM 4.0
DVSM

DOI: 10.46238/jobda.1172825

ABSTRACT

Production enterprises aim to increase their competitiveness within the performance criteria such as quality, flexibility, cost and speed. At this point, the importance of controlling the operational performance in making effective decisions becomes apparent. Monitoring the information flow is a necessity for the control and improvement of performance, especially in complex product environments that occur with digital transformation in production enterprises. In this context, Value Stream Mapping (VSM) is a lean-based method used to maximize efficiency by eliminating non-value-added activities. With the emergence of Industry 4.0 (I4.0), this approach has undergone some changes. In principle, VSM is a pioneer in transforming physical processes into digital processes by enabling the virtualization of the production environment. Therefore, the purpose of this article is to review the applications of the VSM method in the context of I4.0 and to propose a conceptual framework for this theme. In the research, it is aimed to determine some issues such as what are VSM approaches integrated with I4.0 technologies, how I4.0 technologies support VSM, and how the gaps and main research directions in VSM are shaped in the context of I4.0. In this context, 152 studies are examined by making a systematic literature review on the subject. A conceptual framework is created for the VSM transformed with I4.0 by reaching a conclusion with the gains obtained from the studies examined.

ÖZ

Üretim işletmelerinin kalite, esneklik, maliyet ve hız gibi performans kriterleri dahilinde rekabet güçlerini artırma amacı bulunmaktadır. Bu noktada etkin kararlar alma hususunda operasyonel performansı kontrol etmenin önemi ortaya çıkmaktadır. Üretim işletmelerinde dijital dönüşüm ile birlikte oluşan özellikle karmaşık ürün ortamlarında performansın kontrolü ve iyileştirilmesi için bilgi akışının izlenmesi bir gerekliliktir. Bu bağlamda Değer Akışı Haritalama (VSM), katma değeri olmayan faaliyetleri ortadan kaldırarak verimliliği en üst düzeye çıkarmak için kullanılan yalın tabanlı bir yöntemdir. Endüstri 4.0 (I4.0)'ın ortaya çıkmasıyla birlikte bu yaklaşım bazı değişikliklere uğramıştır. VSM, prensipte üretim ortamının sanallaştırılmasını sağlayarak fiziksel süreçleri dijital süreçlere dönüştürme konusunda öncül konumdadır. Bu nedenle, bu makalenin amacı, VSM yönteminin uygulamalarını I4.0 bağlamında gözden geçirmek ve bu tema için kavramsal bir çerçeve önermektir. Araştırmada, I4.0 teknolojileriyle entegre VSM yaklaşımlarının neler olduğu, I4.0 teknolojilerini VSM'yi nasıl desteklediği ve I4.0 bağlamında VSM'deki boşluklarının ve ana araştırma yönlerinin nasıl şekillendiği belirlenmek istenmektedir. Bu kapsamda, konu hakkında sistematik bir literatür taraması yapılarak 152 çalışma incelenmiştir. İncelenen çalışmalardan elde edilen kazanımlar ile bir sonuca ulaşıp, I4.0 ile dönüşen VSM için kavramsal bir çerçeve oluşturulmaktadır.

1 | GİRİŞ

Endüstri 4.0 (I4.0) üretim işletmelerinin yüksek etkinlikte çalışırken talep değişimlerine anlık karşılık verebildiği teknoloji tabanlı bir ortam yaratmaktadır. Siber fiziksel sistemler (CPS) aracılığıyla yeni bir organizasyon düzeyi tanımlanmakta, dinamik ve gerçek zamanlı optimize edilmiş üretim sistemleri ile değer zincirleri boyunca kontrol sağlanmakta ve ürünlerin eksiksiz yaşam döngüsü bilgisinin elde edilmesi beklenmektedir (Meudt, vd., 2017). Yalın felsefesi temelde üretim işletmelerinde israfı azaltarak operasyonel mükemmelliği olumlu yönde etkilemeye odaklanmaktadır, bir yandan da modern teknolojilerin kullanıldığı üretim sistemleri ile ürün kalitesini artırma ve daha verimli çalışma stratejisini desteklemektedir (Tortorella, ve Fettermann, 2018; Tripathi, vd., 2021).

Yalın üretim uygulamalarında, üretim alanı iyileştirme amacıyla kullanılan çeşitli yaklaşımlar arasında Değer Akış Haritalama (Value Stream Mapping / VSM), en çok kullanılan yöntemlerden biri haline gelerek sıklıkla tercih edilmektedir (Rother, ve Shook, 2003; Sullivan, vd., 2002). VSM'nin hedefi; nihai ürüne değer katmayan süreler ve faaliyetleri ile faaliyetleri belirlemek ve bunları elimine etmektir (Doğan, ve Ersoy, 2016). Çünkü bu yöntem daha karmaşık üretim sistemleri için uygun bulunmakta ve uygulanması her türlü üretim koşulunu iyileştirme imkanı sunmaktadır (Byrne, vd., 2021; Shou, vd., 2021). VSM, endüstriyel uygulamalarda süreçler arasındaki bağlantıları görselleştirmeye yardımcı olarak, verimliliği artırmayı ve değer katmayan faaliyetleri azaltmayı ve dolayısıyla maliyetlerden kaçınmayı amaçlamaktadır (Rother, ve Shook, 2003 ; Salvador, vd., 2021). VSM ayrıca, I4.0'daki modern teknolojileri kullanarak üretim yönetim sistemleri içinde etkinliği arttırmada faydalı olarak kabul edilmektedir. Üretim sahaları teknoloji destekli VSM yöntemi ile daha hızlı, daha çevik ve daha esnek hale gelmektedir (Tripathi, vd., 2021). Ribeiro, vd., (2019), çalışmalarında, VSM'in işletmelerin sanallaştırılmasına izin vererek, fiziksel süreçlerini dijital süreçlere dönüştürerek ve sonuçları simüle etme imkanı sağlayarak temelde I4.0'a bağlı olduğunu belirtmektedir. Dijital dönüşüm ile şekillenen işletmelerde VSM artık yatay eksen (bilgi ve malzeme akışı) değil, dikey eksen çalışmaktadır ve üretim operasyonunu ürün geliştirme ve hizmet süreçleri aracılığıyla işletmenin stratejileriyle bütünleştirmektedir (Meudt, vd., 2017; Ribeiro, vd., 2019).

Yalın Üretim ile ilgili literatürün aksine, I4.0 hakkındaki bilgi birikimi göreceli olarak daha günceldir. Bu nedenle, yalın ve I4.0 arasındaki bulunan bağın özelliklerinin araştırılması önem arz etmektedir. Bu nedenle, bu dönüşüm ortamında VSM'nin nasıl uygulandığını doğrulamak önemlidir (Balaji, vd., 2020; Wang, vd., 2021).

Bu boşlukları doldurmak için bu makalenin amacı, VSM yönteminin pratik uygulamalarını I4.0 bağlamında analiz etmek ve I4.0 ile üretim sürecinin değer haritalamasının optimizasyonu için bir sistematik ortaya koymak için kavramsal bir model geliştirmektir. Bu çalışmada üç temel araştırma sorusu incelenmektedir: 1) Literatürde mevcut olan I4.0 teknolojileriyle entegre VSM yaklaşımları nelerdir? 2) I4.0 teknolojileri VSM'yi nasıl desteklemektedir? 3) I4.0 bağlamında VSM'deki boşluklar ve ana araştırma yönleri nelerdir? Çalışmanın kurgulanmasında giriş bölümünün ardından araştırmanın yöntemi açıklanmaktadır. Daha sonra, VSM sistematik literatür taraması kapsamında bibliyometrik analiz yapılmaktadır ve I4.0 ve VSM konulu çalışmaların analizi sunulmaktadır. Analiz sonuçlarıyla birlikte, araştırma soruları cevaplanarak VSM için kavramsal bir model önerisi ortaya koyulmaktadır.

2 | ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Araştırmada ortaya atılan araştırma sorularıyla ilgili mevcut çalışmaları bulmak, ilgili katkıları değerlendirmek ve sentezlemek için sistematik literatür taraması yapılmaktadır. Sistematik literatür taraması, araştırmacılar tarafından literatürde üretilen tamamlanmış ve kaydedilmiş çalışmaların mevcut yapısını tanımlamak için sistematik, açık ve tekrarlanabilir bir yöntemdir (Fink, 2019). Bu çalışmada sistematik literatür araştırmasının, Souza, vd., (2021) ve Thome, vd., (2016) tarafından önerilen inceleme süreçleri uyarlanmaktadır. Sistematik literatür taramasında izlenen adımlar, araştırma sorularının oluşturulması, veri tabanlarının seçilmesi ve anahtar kelimelerin tanımlanması, çalışmaların değerlendirilmesi, seçilmesi, analiz edilmesi ve sentezlenmesi şeklindedir.

Araştırma sorularının oluşturulmasının ardından, sistematik literatür taramasında veri tabanlarının seçilmesi, anahtar kelimelerin tanımlanması ve araştırılması aşamasında bibliyometrik yöntemlerden faydalanılmaktadır. Bu yöntemler bilimsel değerlendirme ve araştırma metodolojisinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bibliyometrik yöntemler veya analizler bilimi çeşitli yönleriyle incelerken, aynı zamanda dünya çapındaki üniversiteleri ve kurumları konulardaki bilimsel verimliliklerine göre sıralamaya olanak tanımaktadır (Ellegaard ve Wallin, 2015). Temel olarak bibliyometrinin temel fikri, disiplinin akademik çıktısını, ülkeleri, bireyleri ve kurumları ölçerek elde edilen değerlerden ölçülen birimin özelliklerini ortaya çıkarmaktır. Bibliyometrik analiz, bilimsel yayınların niceliğinden yararlanılarak akademik performans ve kalitenin belirlenmesinde dolaylı bir yaklaşım oluşturmakta, böylece ilgili araştırma konusunun geçmişteki durumu ve gelecekte izleyecekleri yol hakkında tespitler yapılabilmektedir (Ball, 2017). Bu

nedenle bibliyometrik analiz, bilimsel araştırmaları hem nicel hem de nitel olarak değerlendirmektedir.

Sistemantik literatür taramasında, ilgili konunun bilimsel iletişim yapısını ortaya koyarken, bibliyometrik veriler içeren birçok çevrimiçi veri tabanından (WoS, Scopus, Google Scholar, Science Direct vb.) alınan bilimsel yayınların incelenmesi ve analizi yapılmaktadır (Glanzel, 2003; Cobo, vd., 2011). Bibliyografik veri tabanlarından elde edilen bibliyometrik veriler; kaynak tanımlama (dergi başlığı, yayın yılı, cilt), yazar isimleri, kurum adresleri, referanslar, belge türü (makale, mektup, kitap), başlık, terimler, anahtar kelimeler, özet, şeklinde açıklanmaktadır (Glanzel, 2003). Bu verilerin açıklanması ve sunulması için bibliyometrik haritalama kullanılmaktadır.

Bibliyometrik haritalama, bir bilim alanının iki veya üç boyutlu bir temsilidir (Noyons, 2001). Bibliyometrik haritalama (bilim haritalama) analizi, bir bilim alanının yapısını, evrimini ve ana aktörlerini belirlemek için yapılmaktadır. Bibliyometrik analizin bir parçası olarak bu teknik, disiplinlerin, alanların, uzmanlık alanlarının ve ayrıca belgelerin veya yazarların birbirleriyle nasıl ilişki kurduğunun mekansal bir temsilidir (Small, 1999; Noyons vd., 1999). Bibliyometrik haritalama için geliştirilmiş birçok yazılım aracı bulunmaktadır ve en yaygın kullanılan araçlar CiteSpace, HistCite ve VOSviewer'dır (Cobo ve diğerleri, 2011; Pan ve diğerleri, 2018). Bu çalışmada, haritaların grafiksel gösterimini yapmak için bibliyometrik haritalama için VOSviewer kullanılmıştır. VOSviewer yazılımı, uygun veri tabanlarından elde edilen verilere dayanarak yazarlar, yayınlar, dergiler, ülkeler, kuruluşlar, anahtar kelimeler veya terimlerden oluşan bibliyometrik ağlar oluşturmaktadır (Perianes, et al., 2016; Van Eck & Waltman, 2020).

3 | ARAşTIRMA VERİ ANALİZİ

Dijital dönüşüm ile şekillenen üretim sistemlerinde Değer Akış Haritalama (VSM) yaklaşımının incelenmesi için hazırlanan bu çalışmanın araştırma soruları; 1) Literatürde mevcut olan I4.0 teknolojileriyle entegre VSM yaklaşımları nelerdir? 2) I4.0 teknolojileri VSM'yi nasıl desteklemektedir? 3) I4.0 bağlamında VSM'deki boşluklar ve ana araştırma yönleri nelerdir? şeklindedir. Bu soruların cevaplanması amacıyla uygulanacak olan sistemantik literatür analizi için veri tabanlarının seçimi ve anahtar kelimelerin belirlenmesi için kapsamlı ve tarafsız bir inceleme son derece önemlidir. Bu çalışmada, verileri toplamak için Scopus veritabanı kullanılmaktadır. Elsevier tarafından yönetilen Scopus veritabanı, Scientific Journal Rankings ve Journal Citation Reports'd yer alan tüm dergileri ve bunların etki faktörlerini içermektedir. 5.000'den fazla uluslararası yayıncıdan 25.100'den fazla kitapla Scopus, endeksli bir bilimsel üretim veri tabanıdır (Elsevier, 2020).

Araştırmada, I4.0 teknolojileri ve VSM'yi konu alan çalışmaları makaleleri aramak ve eşlemek için, başlık, özet ve anahtar kelimeler içinde değer akış haritalama ve I4.0 teknolojileri ve dijital dönüşüm ile ilişkili kavramlar ((“Value Stream Map”) and (“Industry 4.0” or “Internet of Things” or “Cyber-Physical Systems” or “Digital Transformation” or “Data-Driven” or “Sensors” or “Real-Time Data” or “Data Mining” or “Machine Learning” or “Cloud Computing” or “Big Data” or

“Artificial Intelligence” or “Data Science” or “Digital” or “Intelligent” or “Digitization” or “Simulation Systems” or “Intelligent Manufacturing Systems” or “Virtual Reality” or “Augmented Reality”)) araştırılmıştır. İlk elde edilen sonuçta 175 çalışmaya ulaşılmıştır. Daha sonra ise bu çalışmalar ile ilgili filtreleme uygulanmıştır.

Çalışmaların yapıldığı diller incelendiğinde, İngilizce, Almanca ve Çince çalışmalar olduğu görülmüştür. Çince (1) ve Almanca (15) çalışmalar inceleme dışında tutulmuştur ve 159 İngilizce çalışma araştırmaya konu edilmiştir. Çalışmaların konu alanları incelendiğinde Tıp (4), Dünya ve Gezegen Bilimler (1), Hemşirelik (1), Farmakoloji, Toksikoloji ve Eczacılık (1) konularında yapılan 7 çalışma araştırma dışı bırakılmış ve 152 çalışma filtreleme sonucu incelemeye alınmıştır. Araştırma 2022 yılı sekizinci ayında yapılmıştır. Bu noktada 2003 yılı ve 2022 yılı arasında yapılan çalışmaların yıllar içinde artarak ilerlemesi Şekil 1 ile gösterilmektedir. İncelenen 152 çalışmanın % 49'u konferans bildirilerinden oluşmaktadır. Bu çalışmalar konferanslarda sunulmuş ve tam metin yayınlanmış araştırma tebliğleridir. İncelenen çalışmaların %36'sı ise araştırma makalelerinden oluşmaktadır. İncelenen diğer çalışmalar VSM ve I4.0 konularıyla ilişkili çeşitli gözden geçirme, kavramsal çalışma ve derlemelerden oluşurken, konuya dair kitap ve kitap bölümleri de bulunmaktadır. Bu analizler VSM ve I4.0 konularına ilişkin günden güne artan dikkatin yönünü gösterirken ilgili konuyu temel alan çalışma alanlarına dair de fikir ortaya çıkmaktadır. İncelenen çalışmaların %35'i mühendislik temel alanında yapılmış çalışmalardan oluşurken, %23'ü Bilgisayar Bilimleri, %10'u Karar Bilimleri, %9'u İşletme, Yönetim ve Muhasebe bilim alanı, %5'i Matematik bilim alanı altında olmak üzere Sosyal Bilimler, Çevre Bilimleri, Ekonomi, Ekonometri, Enerji gibi pek çok alanda yayınlanmaktadır.

oluşturan çalışmaların analizinden, Dinamik Değer Akışı Haritalama – DVSM, ve Değer Akış Haritalama 4.0 – VSM4.0 ortaya çıkan alternatifler (Arey, vd., 2021; Ramadan, vd., 2016), hem mevcut olan I4.0 teknolojileriyle entegre VSM yaklaşımları olarak hem de geleneksel VSM'nin yetkinliğine destek olarak önerilmektedir Wang ve diğerleri (2021) çalışmasına göre bu alternatiflerin her ikisi de bir veri toplama sistemi aracılığıyla tüm bir sürecin üretim süresini gösterebilmeye özelliğine sahiptir, ancak, DVSM malzeme israfına odaklanırken ve VSM 4.0 bilgi akışının israfına odaklanmaktadır.

VSM 4.0, veri üretimi ve aktarımı, veri işleme ve depolama ile veri kullanımında süreç verimliliğine yeni bir bakış açısı sağlamaktadır (Wagner, vd., 2018). VSM 4.0 kavramı Meudt ve diğerleri (2017) tarafından oluşturulmuş olup, altı adıma ayrılmıştır: geleneksel bir VSM gerçekleştirilmesi, depolama ortamının listelenmesi, gerekli bilgilerin listelenmesi, bilgi akışlarının yönünü belirlenmesi, bilgi-akış israflarının ortadan kaldırılması, eylem planı oluşturmak için maliyet-fayda analizi yapılması. Valamede, ve Akkari, (2020), VSM 4.0'ı dinamik bir araç olarak ve geleneksel VSM'nin sürekli iyileştirilmesini sağlayacak yönleriyle tanımlamaktadır. VSM 4.0 ayrıca, Rother ve Shook

(2003) tarafından önerilen modele ek olarak, model aşamalarında I4.0 veya teknolojilerin kullanımı ile iyileştirmeler önermektedir (Oliveira, vd., 2017; Pekarcíková, vd., 2018; Pagliosa, vd., 2019). Lugert, vd., (2018) çalışmasına göre ise ortaya çıkarılan, Değer Akışı Hiyerarşisi Modeli hem I4.0 teknolojilerini hem de organizasyon yapılarını dikkate alarak dinamik bir değer akışı yönetimi konsepti geliştirmektedir.

Yalın bir değer akışı haritalama yönergelerine I4.0 teknolojilerini entegre etmek, işletmeleri iyileştirilmiş performans sonuçları ile taçlandırırken, mevcut sorunların üstesinden gelinmesini sağlayabilir. Ayrıca dijitalleştirme, karar vericilerin üretim alanında katma değeri olmayan süreçleri verimli bir şekilde yakalamasına yardımcı olarak VSM gibi gerçek zamanlı izleme araçlarını mümkün kılmaktadır (Huang, vd., 2019). Buna dayanarak ve ikinci araştırma sorusunu yanıtlamak için Tablo 1 hazırlanmıştır. Tablo 1 ile araştırma kapsamında incelenen çalışmaların içerdiği I4.0 teknolojilerini ve bunların VSM'ye nasıl entegre edilebileceğini gösteren çalışmalar ilişkilendirilmektedir. Burada bahsi geçen teknolojiler, araştırma çalışmalarının uygulamada ele aldığı ve VSM ile desteklenen, VSM çözümlemesinde kullanılan ve VSM aşamalarının birine dahil edilen teknolojilerdir.

Tablo 1. VSM ve I4.0 Teknolojilerinin Entegrasyonu

Teknoloji	VSM ile ilişkisi	Konu Alan Çalışmalar
Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID)	RFID teknolojisi üretim süreci boyunca nesnelere hakkında bilgi sağlamakta bu bilgiler ile doğrudan bir VSM üretilebilir	Ahmed, vd., (2013); Chen ve Chen (2014); Phuong ve Guidat (2018); Ramadan, vd., (2016).
Sensörler, Siber-Fiziksel Sistemler	Sensörler, üretim alanında nesnelere hakkında bilgi sağlayan düşük güçlü akıllı cihazlar gibi çalışmaktadır. Gerçek zamanlı olarak Siber-Fiziksel Sistemler üretim sırasında planlama, yeniden planlama, izleme ve öğrenme konusunda entegrasyon sağlamaktadır.	Ahmed, vd., (2013); Wagner, vd., (2018); Molenda, vd., (2019).
Sanal Gerçeklik	Sanal gerçeklik teknolojisi gelecekteki durum haritasında önerilen iyileştirmeleri doğrulayabilir ve eğitimde kullanılabilir.	Tyagi, ve Vadrevu (2015); Wang, vd., (2020)
3D Lazer Tarama	Üç boyutlu lazer sistemleri, üretim sistemlerinden mekânsal verileri yakalamak ve dijitalleştirmek için kullanılabilir.	Nafors, vd., (2018).
Büyük veri	Tahmine dayalı analitik, veri madenciliği, istatistiksel analiz ve diğer uygulamalar için büyük veri kullanımı ile VSM'de gerçeklere dayalı kararlar almayı sağlayan veri birleştirmeyi kolaylaştırabilir.	Knoll, vd., (2019); Phuong, ve Guidat (2018); Tortorella, vd., (2020).
IoT	IoT teknolojisi, bağlantıya, etkileşime ve veri alışverişine izin veren cihazlar ağı ile VSM'yi dinamik olarak dönüştürmeyi mümkün kılarak, gerçek zamanlı ölçülen parametreler sağlayabilir.	Balaji, vd., (2020); Lu., vd., (2021); Nygaard, vd., (2020); Tortorella, vd., (2020).

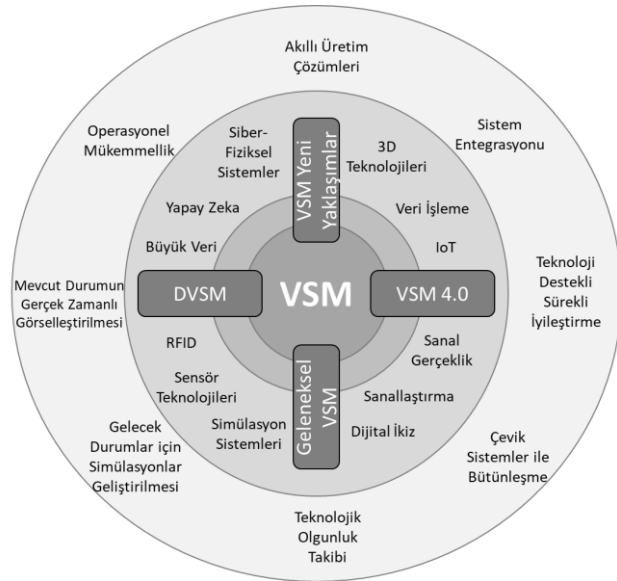
Dijital İkiz	Dijital ikiz fiziksel dünya ile sanal üretim dünyasını entegre etmek için bir senaryo uygulaması olarak ve VSM'yi uygulamayı kolaylaştırabilir.	Lu., vd., (2021);
Simülasyon Sistemleri	Üretim sistemlerini analiz etmek, anlamak ve VSM'yi modellemek için uygulanabilir.	Aksar, vd., (2022); Ferreira, vd., (2022); Nafors, vd., (2018). Pekarcíková, vd., (2021).

I4.0 bağlamında VSM'deki boşluklar ve ana araştırma yönlerini belirlemek için düzenlenen üçüncü araştırma sorusunda VSM'deki boşlukların uygulama alanında doğrulanması ve desteklenmesi önemi ortaya çıkmaktadır. Yalın ve I4.0 arasındaki bütünleşik yaklaşım üzerine araştırmaların yakın zamanda başlaması nedeniyle, çok sayıda araştırmacı, yaklaşımın değerlendirilmesini veya önerilen VSM teknolojisinin henüz uygulanmadığından bir işletmede kullanılmasını gelecekteki adımlar olarak işaret etmektedir. VSM ve I4.0 arasındaki sinerjiyle ilgili araştırmaları genişletmek içinse, teknolojilerin uygulanmasının incelenmesi için hala fırsatlar olduğu ortaya çıkmaktadır. Busert ve Fay (2019), büyük verinin gelecekteki israfı tahmin etmede kullanılabilirliğini belirtmiştir. Tortorella, ve diğerleri (2020). yalın araçlarla birlikte teknolojilerin kullanımının değer akışı seviyelerinde (üretim süreçleri ve tedarik zinciri seviyeleri) kategorize edilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Ferreira, ve diğerleri (2022), değer akışının analizine yapay zeka tekniklerinin dahil edilmesi gerektiğini belirtmekte ve makine öğrenimi modellerinin uygulanmasını açıklamaktadır. Tripathi, ve diğerleri (2021), VR deneyimini geliştirmek için izleme sensörlerinin ve dokunsal cihazların uygulanmasını vurgulamaktadır. Bilgi akışına odaklanma gerekliliği Boonsothonsatit, ve diğerleri (2020) ile Busert ve Fay (2019) çalışmalarında gündeme getirilmiş, bilgi akışı da üretim süreci israfı kapsamında önemli bir rol oynadığından VSM'ye uygulanan I4.0 teknolojileri kapsamında araştırılması gerekliliğinden bahsedilmiştir.

Araştırma kapsamında dijital dönüşüm ile yeniden şekillenen VSM için incelenen çalışmalar geleneksel VSM'in yetersiz olduğunu, DVSM ve VSM4.0 gibi açılımlar ile desteklenmesi gerekliliğini sunmaktadır. Diğer yandan VSM'in pek çok yönden I4.0 teknolojileri ile desteklenme açısına sahip olduğu ve bu teknolojilerin gelişmeleri sürdükçe döngüye dahil edilmesi ve VSM açısından düşünülmesi gerekliliği de anlaşılmaktadır. Benzer şekilde incelenen çalışmalarda VSM yönteminin I4.0 teknolojileri desteği ile yatay eksenden ziyade işletmenin bütününe kapsayacak bir yapıya dönüşmesi ve operasyonel mükemmellik, çevik sistemler ile bütünleşme, akıllı üretim çözümleri üretme, I4.0 teknolojileri ile sürekli iyileştirme, mevcut durumun gerçek zamanlı olarak görselleştirilmesi, gelecek durumlar için simülasyonlar geliştirilmesi gibi taktiksel ve operasyonel pek çok açıdan

değerlendirildiği ortaya çıkmaktadır. Bu edinimler ışığında Şekil 3 ile paylaşılan görsel I4.0 ile dönüşen üretim sistemlerinde VSM yaklaşımını kavramsal bir model ile açıklamaktadır.

Şekil 3. I4.0 ile Şekillenen VSM için Önerilen Kavramsal Model



Önerilen kavramsal çerçeve ile I4.0 ile dönüşen sistemlerde VSM optimizasyonu için dört katmanlı bir yapı önerilmektedir. Merkezde, haritalama sürecinin ve bilgi akışlarının zorluğunun net olması ve işletmede tüm çalışanlar tarafından, yani uyumlu planlama seviyeleri tarafından desteklenmesi gerektiğinden değer akışı bulunmaktadır. Ardından ikinci seviyede, uygulama alanı kapsamı haritalama sürecinden sorumlu çalışanların bilgi birikimine göre en iyi aracın (VSM 4.0, DVSM, geleneksel VSM veya yeni bir yaklaşımın geliştirilmesi gibi) ne olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. En iyi aracın ne olduğunun belirlenmesi aşamasında I4.0 teknolojileri ile entegrasyon seviyeleri etkileyici rol üstlenmektedir. Bu teknolojilerin ve her geçen gün yeni ortaya çıkan ve çıkacak olan teknolojilerin etkileri bu katmanda değerlendirilmektedir. Son katmanda ise VSM ile I4.0 teknolojileri tabanlı organizasyon yönetim şekilleri hedeflenmektedir. Bu hedefler stratejik, taktiksel ve operasyonel seviyelerde olabileceği gibi operasyonel mükemmellikten, sistem entegrasyonuna, akıllı üretim çözümleri üretmeden, teknoloji destekli ile sürekli

iyileştirmeye, mevcut durumun gerçek zamanlı olarak görselleştirilmesinden, gelecek durumlar için simülasyonlar geliştirilmesine kadar pek çok yaklaşım ile desteklenmektedir.

5 | SONUÇ

Bu makale, I4.0 kapsamında VSM'nin üretim sistemlerindeki uyarlamaları hakkında bir literatür taraması ortaya koymaktadır ve dönüşen VSM uygulamasını yürütmek için dört katmandan oluşan kavramsal bir çerçeve sunmaktadır. Çalışmada üç araştırma sorusuna dayalı bir içerik analizi gerçekleştirilmektedir. Literatürde mevcut olan I4.0 teknolojileriyle entegre VSM yaklaşımları neler olduğu, I4.0 teknolojilerinin VSM'yi nasıl desteklediği ve I4.0 bağlamında VSM ile ilgili ana araştırma yönergelerinin nasıl şekillendiği ortaya çıkarılmaktadır. Böylelikle bu çalışma, konuyu ele alırken araştırmacılar, uygulayıcılar ve paydaşlar için faydalı bir başlangıç noktası olarak literatürde kendine bir misyon yaratmaktadır. Ardından ortaya koyulan kavramsal model ile VSM 4.0, DVSM, geleneksel VSM veya yeni bir VSM yaklaşımı geliştirilmesi gibi konular gündeme gelmektedir. Bu yaklaşımlar başta dijital dönüşüm eseri olarak ortaya çıkan teknolojiler olmak üzere her geçen gün yenisi eklenen teknolojiler ile desteklenmektedir. Bu teknolojiler ile ortaya çıkan VSM dönüşümü organizasyon yapısında stratejik, taktiksel ve operasyonel seviyelerde pek çok uygulama için temel oluşturmaktadır.

Dijital dönüşüm ile ortaya çıkan yeni paradigmalara karşı karşıya kalan mevcut üretim süreçlerinin ihtiyaçlarına daha uygun hale getirilen yalın araçların bir arada değerlendirilmesine dikkat çekilmektedir. VSM ile I4.0 teknolojilerinin hangilerinin kullanıldığı ve nasıl kullanıldığı bu çalışmada açıklanmaktadır. Ayrıca, bu teknolojilerin birleşiminden geliştirilen yeni VSM yaklaşımları sunulmaktadır. Bu çalışmanın geliştirilmesi ve ileride yapılacak çalışmalara yön verici bir rol üstlenmesi için, çalışmanın diğer yalın araçlara yönelik teknolojik ilerlemeler ile etkisinin araştırılması yerinde olacaktır.

KAYNAKÇA:

- Ahmed, A., Hasnan, K., Aisham, B., & Bakhsh, Q. (2014). Integration of Value Stream Mapping with RFID, WSN and ZigBee Network. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 465, pp. 769-773). Trans Tech Publications Ltd.
- Aksar, O., Elgun, D., Beldek, T., Konyaloğlu, A. K., & Camgöz-Akdağ, H. (2022). An Integrated Value Stream Mapping and Simulation Approach for a Production Line: A Turkish Automotive Industry Case. In *Digitizing Production Systems* (pp. 357-371). Springer, Cham.
- Arey, D., Le, C. H., & Gao, J. (2021). Lean industry 4.0: a digital value stream approach to process improvement. *Procedia Manufacturing*, 54, 19-24.
- Azevedo, B. D., Scavarda, L. F., & Caiado, R. G. G. (2019). Urban solid waste management in developing countries from the sustainable supply chain management perspective: A case study of Brazil's largest slum. *Journal of cleaner production*, 233, 1377-1386.
- Balaji, V., Venkumar, P., Sabitha, M. S., & Amuthaguka, D. (2020). DVSMs: dynamic value stream mapping solution by applying IIoT. *Sādhanā*, 45(1), 1-13.
- Ball, R. (2017). *An introduction to bibliometrics: New development and trends*. Chandos Publishing.
- Boonsothonsatit, G., Tonchiangsai, K., & Choowitsakunlert, S. (2020, April). Value stream mapping-based logistics 4.0 readiness for Thailand automotive-part manufacturers. In *Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Management Science and Industrial Engineering* (pp. 309-313).
- Busert, T., & Fay, A. (2019). Extended value stream mapping method for information based improvement of production logistics processes. *IEEE Engineering Management Review*, 47(4), 119-127.
- Byrne, B., McDermott, O., & Noonan, J. (2021). Applying lean six sigma methodology to a pharmaceutical manufacturing facility: A case study. *Processes*, 9(3), 550.
- Chen, J. C., & Chen, K. M. (2014). Application of ORFPM system for lean implementation: an industrial case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(5), 839-852.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 62(7), 1382-1402.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research

- field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of informetrics*, 5(1), 146-166.
- Doğan, N. Ö., & Ersoy, Y. (2016). Hizmet Sektöründe Değer Akış Haritalama Uygulaması: Bir Üniversite Araştırma ve Uygulama Merkezi Örneği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 48, 103-116.
- Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact?. *Scientometrics*, 105(3), 1809-1831.
- Elsevier, (2020). "Scopus Content Coverage Guide" accessed July 2022. https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0007/69451/Scopus_ContentCoverage_Guide_WEB.pdf
- Paula Ferreira, W., Armellini, F., de Santa-Eulalia, L. A., & Thomasset-Laperrière, V. (2022). Extending the lean value stream mapping to the context of Industry 4.0: An agent-based technology approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 63, 1-14.
- Fink, A. (2019). *Conducting research literature reviews: From the internet to paper*. Sage publications.
- Glanzel, W. (2003). *Bibliometrics as a research field a course on theory and application of bibliometric indicators*. Course Handouts
- Huang, Z., Kim, J., Sadri, A., Dowe, S., & Dargusch, M. S. (2019). Industry 4.0: Development of a multi-agent system for dynamic value stream mapping in SMEs. *Journal of Manufacturing Systems*, 52, 1-12.
- Knoll, D., Reinhart, G., & Prüglmeier, M. (2019). Enabling value stream mapping for internal logistics using multidimensional process mining. *Expert Systems with Applications*, 124, 130-142.
- Lins, M. G., Zotes, L. P., & Caiado, R. (2021). Critical factors for lean and innovation in services: from a systematic review to an empirical investigation. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(5-6), 606-631.
- Lu, Y., Liu, Z., & Min, Q. (2021). A digital twin-enabled value stream mapping approach for production process reengineering in SMEs. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 34(7-8), 764-782.
- Lugert, A., Völker, K., & Winkler, H. (2018). Dynamization of Value Stream Management by technical and managerial approach. *Procedia CIRP*, 72, 701-706.
- Meudt, T., Metternich, J., & Abele, E. (2017). Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production. *Cirp Annals*, 66(1), 413-416.
- Molenda, P., Jugenheimer, A., Haefner, C., Oechsle, O., & Karat, R. (2019). Methodology for the visualization, analysis and assessment of information processes in manufacturing companies. *Procedia CIRP*, 84, 5-10.
- Nåfors, D., Barring, M., Estienne, M., Johansson, B., & Wahlström, M. (2018). Supporting discrete event simulation with 3D laser scanning and value stream mapping: Benefits and drawbacks. *Procedia CIRP*, 72, 1536-1541.
- Noyons, E., Moed, H., & Van Raan, A. (1999). Integrating research performance analysis and science mapping. *Scientometrics*, 46(3), 591-604.
- Nygaard, J., Colli, M., & Wæhrens, B. V. (2020). A self-assessment framework for supporting continuous improvement through IoT integration. *Procedia Manufacturing*, 42, 344-350.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082-1089.
- Pagliosa, M., Tortorella, G., & Ferreira, J. C. E. (2019). Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(3), 543-569.
- Pan, X., Yan, E., Cui, M., & Hua, W. (2018). Examining the usage, citation, and diffusion patterns of bibliometric mapping software: A comparative study of three tools. *Journal of informetrics*, 12(2), 481-493.
- Pekarcíková, M., Trebuňa, P., Kliment, M., Král, Š., & Dic, M. (2021). Modelling and Simulation the Value Stream Mapping–Case Study. *Management and Production Engineering Review*, 12.
- Perianes-Rodriguez, A., Waltman, L., & Van Eck, N. J. (2016). Constructing bibliometric networks: A comparison between full and fractional counting. *Journal of informetrics*, 10(4), 1178-1195.
- Phuong, N. A., & Guidat, T. (2018, July). Sustainable value stream mapping and technologies of Industry 4.0 in manufacturing process reconfiguration: A case study in an apparel company. In *2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI)* (pp. 85-90). IEEE.
- Ramadan, M., Alnahhal, M., & Noche, B. (2016). RFID-enabled real-time dynamic operations and material flow control in lean manufacturing. In *Dynamics in Logistics* (pp. 281-290). Springer, Cham.
- Ribeiro, D., Bonfante, M., Frazzon, E., Forcellini, F. (2019). Value stream mapping and use of lean integrated simulation with cyber-physical systems in a flexible packaging industry. *Producao Online*, 19(1), 346-375. doi: 10.14488/1676-1901.v19i1.3363.
- Ribeiro, D. R. S., Mendes, L. G., Forcellini, F. A., & Frazzon, E. M. (2022). Maintenance 4.0: A Literature Review and SWOT Analysis. In *International Conference on Dynamics in Logistics* (pp. 409-422). Springer, Cham.

- Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda. Lean enterprise institute.
- Salvador, R., Barros, M. V., dos Santos, G. E. T., van Mierlo, K. G., Piekarski, C. M., & de Francisco, A. C. (2021). Towards a green and fast production system: Integrating life cycle assessment and value stream mapping for decision making. *Environmental Impact Assessment Review*, 87, 106519.
- Shou, W., Wang, J., Wu, P., & Wang, X. (2021). Lean management framework for improving maintenance operation: Development and application in the oil and gas industry. *Production Planning & Control*, 32(7), 585-602.
- Small, H. (1999). Visualizing science by citation mapping. *Journal of the American society for Information Science*, 50(9), 799-813.
- Souza, N. L. S. D., Mendes, L. G., Rovaris, E. S., Frazzon, E. M., & Braghirolli, L. F. (2020, December). Integrated Production and Maintenance Planning: A Systematic Literature Review. In *International Conference of Production Research–Americas* (pp. 342-356). Springer, Cham.
- Sullivan, W. G., McDonald, T. N., & Van Aken, E. M. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 18(3-4), 255-265.
- Thomé, A. M. T., Scavarda, L. F., & Scavarda, A. J. (2016). Conducting systematic literature review in operations management. *Production Planning & Control*, 27(5), 408-420.
- Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2018). Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2975-2987.
- Tortorella, G. L., Pradhan, N., Macias de Anda, E., Trevino Martinez, S., Sawhney, R., & Kumar, M. (2020). Designing lean value streams in the fourth industrial revolution era: proposition of technology-integrated guidelines. *International Journal of Production Research*, 58(16), 5020-5033.
- Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Bhadauria, A., Sharma, S., Li, C., Pimenov, D. Y., ... & Gautam, G. D. (2021). An agile system to enhance productivity through a modified value stream mapping approach in industry 4.0: A novel approach. *Sustainability*, 13(21), 11997.
- Tyagi, S., & Vadrevu, S. (2015). Immersive virtual reality to vindicate the application of value stream mapping in an US-based SME. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81(5), 1259-1272.
- Valamede, L. S., & Akkari, A. C. S. (2020). Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5(5), 851.
- Van Eck, N.J. and Waltman, L. (2020). *VOSviewer Manual*, Universiteit Leiden, https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.16.pdf/ (Erişim Tarihi: 19.09.2022).
- Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2018). Identifying target oriented Industrie 4.0 potentials in lean automotive electronics value streams. *Procedia CIRP*, 72, 1003-1008.
- Wang, H. N., He, Q. Q., Zhang, Z., Peng, T., & Tang, R. Z. (2021). Framework of automated value stream mapping for lean production under the Industry 4.0 paradigm. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*, 22(5), 382-395.
- Wang, P., Wu, P., Chi, H. L., & Li, X. (2020). Adopting lean thinking in virtual reality-based personalized operation training using value stream mapping. *Automation in Construction*, 119, 103355.