


Tedarik Zincirinde Kaos: Bir Literatür Taraması

*¹ Neslihan Açıkgöz, ² Gültekin Çağal

¹ Tarsus Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Mersin, acikgoz.neslihan@gmail.com 

² Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, cagil@sakarya.edu.tr 

Derleme Makalesi

Geliş Tarihi: 16.05.2019

Kabul Tarihi: 07.08.2019

Öz

Tedarik zinciri ürün veya hizmetin tedarikçiden başlayıp son müşteriye ulaşana kadar ki süreçte birçok varlık ve etmen arasındaki etkileşimlerin bütününden oluşan dinamik bir sistemdir. Zamanla artan müşteri sayıları ve bağlantılarıyla değişen ilişkiler bu dinamik sistemi daha karmaşık hale getirmektedir. Giderek büyüyen bu sistem karmaşıklığı öngürülemez sorunlara yol açmaktadır. Bu karmaşıklığın nedeni olarak gözlenebilen ya da gözlenemeyen birçok faktör gösterilebilir. Rekabet ortamının arttığı global dünyada firmalar bu karmaşıklığı çözenin en iyi yolu olarak tedarik zincirinin her halkasının kusursuz işlemesi olarak görmektedir. Halkanın içerisinde etkisi yok denecek kadar küçük olduğu düşünülüp göz ardı edilen bir kısım faktörlerin etkilerinin büyük olduğu, yapılan analizlerle ortaya konmuştur. Zincirin herhangi bir yerindeki küçük bir aksaklık ise tedarik zincirinde önlenemez bir kaosa yol açabilmektedir. Öngörülemezlik nedeniyle başlangıç koşullarında yapılan ufak bir değişiklik veya bir hata tedarik zinciri sistemi yönetiminin sonuçlarında beklenmedik büyük dalgalanmalara ve güçlüklerle sebep olacaktır. Literatürde yapılan bazı çalışmalara göre tedarik zinciri sistemi, kaos kuramının temeli olan kelebek etkisine en iyi örneklerden biridir. Tedarik zinciri yönetimi konusunda sistemdeki kaotik durumların ortaya konması, bundan kaçınmak için yapılabilecek çalışmalar ve kaos kontrolü gibi tedarik zinciri sistemi içerisinde kaos kuramının varlığı ile ilgili ULAKBİM tarafından taranan makaleler, bildiriler ve PROQUEST veri tabanında yayınlanan doktora seviyesindeki tezleri araştırmak ve bu ilişkiyi inceleyen araştırmacılara kolaylık sağlamak amacıyla bu çalışma "tedarik zincirinde kaos kuramının bir literatür taraması" olarak derlenmiştir. Yapılan çalışmalarda kaos kuramının karar verme rolü, tedarik zincirinin kaotik niteliklerinin irdelenmesi, matematiksel model oluşturma ile kaotik yapısının incelenmesi, kaos kontrol ve senkronizasyon konuları üzerinde durulduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kaos, Tedarik Zinciri, Literatür Taraması

Chaos on Supply Chain: A Literature Review

*¹ Neslihan Açıkgöz, ² Gültekin Çağal

¹ Tarsus University, Vocational School, Mersin, acikgoz.neslihan@gmail.com

² Sakarya University, Engineering Faculty, Industrial Engineering Department, Sakarya, cagil@sakarya.edu.tr

Abstract

The supply chain is a dynamic system of interactions between many assets and factors in the process from the supplier to the end customer until the product or service reaches the end customer. The increasing number of customers and their changing relationships with time make this dynamic system more complex. The complexity of this growing system leads to unpredictable problems. Many factors that can be observed or not observed as the cause of this complexity can be shown. In the global world where the competitive environment is increasing, companies see this as the best way to solve this complexity as the perfect functioning of every link in the supply chain. The effects of a number of factors that are ignored and thought to be small enough to have no effect in the supply chain have been demonstrated by analysis. A small hitch in any part of the chain can lead to an inevitable chaos in the supply chain. A slight change or an error in initial conditions due to unpredictability will cause unexpected large fluctuations and difficulties in the results of supply chain management. According to some studies in the literature, the

supply chain system is one of the best examples of the butterfly effect, which is the basis of chaos theory. This study aims to investigate the articles, papers and theses related to the existence of chaos in the supply chain system such as chaotic control in the supply chain management system, the studies that can be done to avoid the chaotic situation in the system, and to provide the convenience of investigators who study this relationship. In the studies, it was seen that the role of decision making in chaos theory, examining the chaotic characteristics of the supply chain, analyzing the chaotic structure with mathematical modeling, chaos control and synchronization.

Keywords: Chaos, Supply Chain, Literature Review

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Hammaddeden ürün teslimine ve oradan da müşteriye kadar; tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar, perakendeciler, toptancılar, müşteriler gibi tüm süreç elemanları ile ürün ve süreç elemanları arasındaki bilgi akışı da dâhil olmak üzere, bu karmaşık süreç tedarik zinciri olarak tanımlanmaktadır. Firmalar özellikle müşteri taleplerini zamanında karşılayarak müşteri memnuniyetini sağlamak ve böylelikle teslimat performanslarını arttırmak, stoklarını düşürmek, maliyetlerini azaltmak gibi çeşitli amaçlar doğrultusunda tedarik zinciri yönetimi üzerinde durmaktadırlar.

Ne var ki zincir içerisinde veya dışında olup zinciri etkileyen; tedarikçi, son kullanıcı talebi, çevre, organizasyon yapısı ve insan davranışları gibi birçok belirsizlik kaynağı [1] mevcuttur. Tedarik zincirinin doğası gereği içinde bulundurduğu insan faktörü ve belirsizliğe sebep olan parametrelerin varlığı, sistemin davranışlarını ancak belli varsayımlar altında ve içinde hatanın minimuma indirgenmesi üzerine yapılan çalışmaların ürünleri olan modeller yardımıyla incelemeyi mümkün kılmaktadır. Bir kısım çalışmalar ise farklı bir bakış açısıyla "kaos kuramı" benimsenerek sistem davranışının daha iyi anlaşılabilceği üzerinedir.

2. TEDARİK ZİNCİRİNDE KAOS (CHAOS IN SUPPLY CHAIN)

Kaos, bir sistemden doğan, periyodik olmayan, davranışın bileşenleri arasındaki etkileşimi kestirilemeyen ve başlangıç koşullarına hassas bağımlılık gösteren davranıştır [2]. Kısaca kaos bir sistem davranışdır ve sistemdeki doğrusal olmayan, belirsiz davranışların sistemi kestirilemez duruma sokması halidir. Başlangıç koşullarındaki önem verilmeyen değişkenlerin sonuçlar üzerindeki belirlenemeyen etkileridir. "Kelebek etkisi" olarak tanımlanmış olan ve kaos teorisinin özünü oluşturan bu durum tedarik zinciri içerisinde kendisini en iyi "kamçı etkisi" ile göstermektedir. Talep tahmini hatalarının kademeler yükseldikçe artması [3], tedarik kıtlığı durumunda sipariş boyutlarının yükselmesi veya sipariş iptallerinin oluşması [4], siparişlerin bekletilerek toplu halde gönderilmesi [5] ile fiyatların promosyon kampanya vb. uygulamalarla dalgalanması [6,7] şeklinde tanımlanmış 4 temel sebep tedarik zincirinde katmanlar arasında giderek artan talep dalgalanmalarına, diğer bir deyişle "kamçı etkisi" ne yol açmaktadır. Bunun bir başka örneğini Grabinski [8] çalışmasında vermiştir:

"Kelebek kanat etkisi yerine bir forklift sürücüsü etkisi bulabilirsiniz: tedarik zincirinin ayrıntıları belli bir forklift sürücüsünün yemek molasını bitirme zamanındaki ağırlığına bağlı olacaktır."

Bu alanda birçok araştırmacı yukarıda bahsi geçen tedarik zincirinde belirsizlik konusuna kaotik teori ile yanıt bulmak üzerine çalışmış ve belirsizlik kaynaklarının sistemin kaotik davranış sergilemesine neden olduğunu ortaya koymuşlardır [9]. Makalelerde ele alınan ve dinamik davranışlarında kaotik yapının görüldüğü ya da zincir içerisinde kaosu etkileyen tedarik zinciri parametreleri Tablo 1 de özetlenmiştir.

Tablo1. Literatürde dinamik davranışlarında kaotik yapının görüldüğü ya da zincir içerisinde kaosu etkileyen tedarik zinciri parametreleri.

Parametre	Konu geçen makale/tez/ bildiri
Stok	[9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]
Üretim stratejisi	[10]
Talep miktarı ve talep tahmini	[9], [11], [14], [16], [17], [18], [19]
Ürün tasarımı	[11]
Fiyat	[9], [14], [20]
Kuyrukta bekleyen ürün/malzemeler	[21]
Sevkiyat oranı	[12]
Hizmet düzeyi	[12]
Maliyet	[12], [19]
Kar maksimizasyonu	[22]
Planlama ve tahminleme	[18]
Sipariş ve sipariş politikaları	[13], [16]
Tedarik süresi	[16]

Yukarıda verilmiş olan parametrelerin kaotik yapısını ya da sistemin periyodik, istikrarlı yarı-periyodik veya kaotik olup olmadığını; kısacası sistemin dinamik davranışlarını inceleyebilmek için, iki yol kullanılmış olduğu görülmüştür: Grafik yöntem ve nicel yöntem. Grafikler veri eğilimlerini ve modellerini göstermede görsel olarak daha kullanışlıdır. Zaman serisi grafikleri, faz uzayı grafikleri, haritalar ve güç spektrumu sistem davranışlarını incelemek için kullanılan grafik yöntemlere; lyapunov üsteli (LE), entropi, fraktal boyut, kapasite boyut ve korelasyon boyutu yaygın olarak kullanılan niceleyicilere örnek olarak verilebilir [23].

Literatürde incelenen çalışmalarda kaos varlığının tespiti için kullanılan analiz yöntemleri Tablo 2’de verilmiştir. Buna göre çalışmaların büyük bir oranında kaosun varlığının

özellikle Lyapunov üsteli, çatalanma diyagramı ve zaman serileri analizleri ile ortaya konduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Literatürdeki çalışmalarda kaos varlığının tespitinde kullanılan yöntemler

Yazar(lar)	Yayın Tarihi	Kullanılan Yöntemler									
		Çatalanma Diyagramı	Lyapunov Üsteli	Güç Spekturumu	İstatistiksel Analiz	Kaotik Çeker	Zaman Serisi	Faz Diyagramı	Denge Noktaları	Yanlış Yakın Komşu	Kolmogorov Entropisi
Horns, A.,	1989										x
Deshmukh	1993		X		x			x			
Beaumariage, T., Kempf, K.,	1994						x				
Feichtinger, G., Hommes, C.H., Herold, W.,	1994	x									
Thiel, D.,	1996	x					x				
Wilding	1997		x								
Jayanthi, S., Sinha, K.K.,	1998		x		x		x				
Wilding, R.D.a	1998		x		x	x	x			x	
Wilding, R.D.b	1998		x		x	x	x			x	
Larsen E.R., Morecroft J.D.W. ve Thomsen J.S.,	1999		x								
Katzorke I., Pikovsky, A.,	2000		x		x						
P., Alfaro, M.,	2001	x		x	x						
Reyes	2002						x				
Schmitz, J.P.M., Beek, D.A. van, Rooda, J.E.,	2002						x				
Kumara, S. R. T., Ranjan, P., Surana, A., & Narayanan, V.	2003	x		x							
Chryssolouris, G., Giannelos, N., Papakostas, N., Mourtzis, D.	2004							x			
Agiza, H.N., Elsadany, A.A.	2004	x	x			x					
Bruzzzone A.G., Revetria R., Simeoni S., Viazzo S. ve Orsoni A.,	2004	x									
Alfaro, M.D., Sepulveda, J.M.	2006		x	x	x	x					
Wu y. ve Zhang D.Z.,	2007		x								
Y. Wu and D. Z. Zhang	2007		x								
Papakostas, N., Mourtzis, D.	2007	x	x								
Benaissa, K., Diep, D., Dolgui, A.	2008	x									
Bachlaus, M., Tiwari, M. K., Shankar, R.,	2008	x	x				x				
Grabinski, M.,	2008	x	x								
Ma J. ve Feng Y.,	2008	x	x								
Hwang H.B. ve Xie N.	2008		x								
AnneK. R., Chedjou J.C. ve Kyamakya K.,	2009	x						x			
Bartholdi III, J.J., Eisenstein, D.D., Lim, Y.F.	2009		x				x				
Sun, Y. , Babovic, V., Chan, E.S.,	2010									x	
J. Ma, X. Pu	2011	x	x			x					
Ramírez ve Peña,	2011						x				
Guo Y. ve Ma J	2013	x		x							
Wang G. ve Ma J.	2013	x	x			x					
Macdonald J.R., Frommer I.D. ve Karaesmen I.Z.	2013	x					x				
Alfaro, M.D., Sepúlveda, J.M., Ulloa, J.A.	2013		x	x	x						
Ma J., Chen B.	2014	x	x	x							

Yazar(lar)	Yayın Tarihi	Kullanılan Yöntemler									
		Çatalanma Diyagramı	Lypunov Üsteli	Güç Spekturumu	İstatiksel Analiz	Kaotik Çeker	Zaman Serisi	Faz Diyagramı	Denge Noktaları	Yanlış Yakın Komşu	Kolmogorov Entropisi
Ma J. ve Wang H.	2014	x	x								
Li T. ve Ma J.	2014	x							x		
Dong M.A.	2014	x	x	x	x						
Hwang H.B. ve Yuan X.	2014		x								
Ma J., Li, Q	2014	x	x	x		x					
Demir, B., Alptekin, N., Kılıçaslan, Y., Ergen, M., Çaglarınmak Uslu, N.,	2015		x								
Sajid, M., Almufadi, F., Jahanzaib, M.,	2015		x								
Göksu A., Kocamaz U.E. ve Uyaroğlu Y.,	2015		x				x	x			
Junhai Ma , Fang Zhang	2015	x	x			x					
Wandong Lou 1, Junhai Ma and Xueli Zhan	2016	x	x			x					
Junhai Ma and Fengshan Si	2016	x	x	x		x					
Zhihui Han 1, Junhai Ma , Fengshan Si and Wenbo Ren	2016	x	x			x	x				
Junhai Ma , Lei Xie	2017	x	x				x				
Asaf Levi Juan Sabuco Miguel A.F. Sanjuan	2017	x	x				x				
Junhai Ma and Wandong Lou	2017	x	x				x				
Junhai Ma , Hao Ren , Miao Yu ,and Meihong Zhu	2018	x	x			x					x
Hamid Norouzi Nav Mohammad Reza Jahed Motlagh Ahmad Makui	2018		x				x	x			
Jianwei Chang1 and Liuwei Zhao	2018	x	x								
Gültekin Çağıl, Neslihan Açıkğöz	2018						x	x			

Tedarik zinciri sistemini bir bütün olarak ele alan ve içerisinde kaos teorisinin uygulandığı, tedarik zinciri yönetiminin kaos teorisi ile açıklandığı ve

anlamlandırılmaya çalışıldığı az sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar içerikleri ve inceleme alanları bakımından Tablo 3’de gruplandırılmıştır.

Tablo3. Literatürde tedarik zinciri sistemini bir bütün olarak ele alarak kaotik analizlerin yapıldığı çalışmalar

Grup no	Grup adı	Referans makale ve tezler
1	Talep tahmini, stok yönetimi, ürün tasarımı gibi zincirin tamamını etkileyen temel fonksiyonlardaki karmaşıklığın kaos bakış açısı ile yorumlanması ve anlamlandırılması	[8], [11], [12], [13], [16], [18], [24], [25], [26], [27], [28]
2	Farklı şekilde modellenmiş tedarik zinciri sisteminin dinamik davranışlarının incelenmesi	[8], [10]; [14], [15], [16], [17], [19], [20], [21], [22], [29], [30], [31]
3	Tedarik zinciri yönetimi sistemi kaos senkronizasyonunun ve kontrolünün araştırılması	[32], [33], [34], [35]
4	Bir tedarik zinciri yönetim metodolojisi olarak kaos teorisinin kullanılması	[36], [37]

1.1. Zincirin Tamamını Etkileyen Temel Fonksiyonlardaki Karmaşıklıkta Kaos Bakış Açısı (Chaos Perspective On The Complexity of The Basic Functions Affecting The Whole Chain)

Tedarik zinciri çok sayıda elemanı ile bunlar arasındaki bilgi, para, ürün vb. akışlar nedeniyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu sisteme ait tüm bileşenler birbirleriyle etkileşim halindedir ve zamana bağlı olarak durumları değişir. Bu, sistemin dinamik yapıda olduğunun bir göstergesidir. Karmaşık veya kaotik sistemlerin belli bir zaman sonra nasıl davranacaklarını tam olarak kestirebilmek imkânsızdır. Literatürde çok az sayıda çalışma küçük bir adım sonrası tahmin etmek üzerine olsa da uzun süreli tahminlerin mümkün olmadığı açıklanmıştır. Tedarik zincirinde kararlar birçok faktöre bağlı olarak davranış değişikliği gösterebilir. Kaotik sistemler her zaman aynı girdiye aynı biçimde tepki vermezler. Zincir içerisinde belirsizlikler vardır. Nonlineerlik kaosun vazgeçilmezi olsa da tedarik zinciri içerisinde nadiren bulunur.

Grabinski [8], tedarik zinciri yönetimi içerisinde nonlineerliğin iki kaynağının varlığına dikkat çekmiştir: Birincisi, genellikle doğrusal olmayan denklemler ile maliyet optimizasyonudur (faiz bunun için orjinal bir örnektir), ikincisi ise eğer-sonra(if-then) kararlardır. Karar verme davranışının sistemde kaos oluşumunda önemli bir etken olduğu konusunda Hwang and Xie [16]'de hemfikir olduğu görülmektedir. Hwang and Xie [16] ayrıca sipariş politikalarının da sistemin kaotik davranış sergilemesine neden olabileceğini de vurgulamışlardır. Tedarikçi, perakendeci, dağıtıcı ve fabrikadan oluşan dört elemanlı basit bir tedarik zinciri modeli simülasyonunda bile envanter seviyesinde ve gelen siparişlerde deterministik kaos meydana geldiği görülmektedir [13].

Literatür incelendiğinde nonlineerliğin hizmet düzeyi ve maliyet arasında da oluştuğunu söyleyen Wilding [12]'e göre; bir depodaki envanter seviyesi sevkiyat oranını etkiler, eğer envanter istenilen seviyeye yakın ise sevkiyat oranı sipariş oranına eşit olabilir ancak envanter miktarı düşük ise bu durum sevkiyat oranını düşürür ve hizmet düzeyi azalır. Hizmet düzeyi ve maliyet arasındaki ilişki artan bir eğri ile tasvir edilir. Bu durum doğrusal olmayan bir yapının olduğunu göstermektedir. O nedenle tedarik zinciri yönetiminde geliştirilen kontrol sistemlerinin kaotik davranış sergilemesi mümkündür.

Planlamanın talep tahmini ve değişkenlik göz önüne alındığında firmalar ya da endüstriler açısından stratejik öneme sahip olduğu görülmektedir. Hangi alanda olursa olsun planlama yapan insanlar kullandıkları modellerde, talep tahmininin belirsiz olduğu ve belirsizliğin zamanla daha büyüdüğünü bilirler. Çünkü müşteri talebi öngörülürken, her bir müşteri kendi için önemli anahtar değişkenleri yorumlar ve satın alma kararını verir. Karmaşıklık, her müşterinin karar verme sürecini tahmin etme ve anlamadaki güçlüklerle başlar. Birçok müşteriyi

benzersiz karar setleri ile satın alma kararını göz önüne aldığımızda tahmin ve talep planlaması katlanarak daha karmaşık hale gelir [11]. Kaotik sistemler kararlı bir dengeye ulaşamazlar, bir kez kestiği bir noktayı asla bir daha kesmezler. Kısa süreli tahminler yapılabilir ancak zaman uzadıkça karmaşıklık ve doğrusal olmayan etkileşimler yani belirsizlik arttığından talep dalgalanmaları ile zaman arasında kaotik bir ilişki söz konusu olmaktadır [18].

1.2. Matematiksel Modellenmiş Tedarik Zinciri Sisteminin Dinamik Davranışları (Dynamic Behavior Of Mathematically Modeled Supply Chain System)

Bir tedarik zinciri sisteminde dağıtıcıdaki ve toptancıdaki başlangıç stok seviyesindeki değişim, simülasyonda kaotik çekicinin varlığını etkilemektedir. Bu kaos kuramının başlangıç koşullarına hassas bağımlılık ilkesini gözler önüne seren bir örnek oluşturmaktadır [15], [9]. Değişken sayıları ve bunlar arasındaki ilişkiler artması ile kaotik davranış arasında da bir ilişki vardır. Geliş hızı, servis oranı, kuruk uzunluğu gibi değişkenler göz önüne alınarak modellenmiş iki kuyruk ve bir işlemcinin yer aldığı bir kuyruk sisteminde, kuyrukta bekleyen malzemeler, ürünler veya işler belli bir sayının üzerinde çıktığında sistemin kaotik davranış sergilediği Kumara ve diğerleri [21] tarafından ortaya konmuştur.

Müşteriler ve tedarikçiler arasındaki etkileşimin tedarik zinciri davranışına etkisi üzerinde duran Wu and Zhang [14] ise; müşteriler, bir perakendeci ve üretici de dahil olmak üzere üç katmanlı bir müşteri-tedarikçi sistemini; indirim, stok, talep değişkenleri ile modellemiştir. Müşteriler tedarikçi tarafından yapılan fiyat indirimi teklifine göre satın almada bulunurlar. Bu bir tepki olarak nitelendirilmiştir. Tedarikçiler tutulan stok miktarına göre fiyat belirlenmesi gerçekleştirirler. Fiyata bağlı talep göz önüne alındığında, talep-indirim fonksiyonunda kaotik davranışın var olduğu görülmüştür. Ma and Feng [9] ise özellikle tedarikçi talebini modelinde kullanarak fiyat dalgalanmalarının kaotik etkisini gözlemlemiştir.

Sistemdeki birtakım değişimlerin kaotik davranışa sebep olmasının yanında; kaos, tedarik zinciri içerisinde negatif veya pozitif etkiye de sahip olabilmektedir. Dong [10] çalışmasında, kamçı etkisi ile ürün miktarı ve maliyet bakımından stok hacmindeki artışın işletme için negatif yönde bir etki oluşturmakla birlikte; işletmenin iç ve dış çevresel değişimlerle başa çıkma kabiliyeti olarak ifade edilebilecek esnek üretim gibi üretim stratejisini kaotik özelliklere göre yapılandırabilmesine olanak sağladığı üzerinde durmuştur.

Makalede stoğa ve siparişe göre üretim stratejilerini göz önüne alan üç aşamalı tedarik zinciri sistemi matematiksel modellenmiştir ve model değişkenleri olarak talep ve stok ele alınmıştır. Zincirin kaos durumunda kamçı etkisi gösterdiği analizler ile ortaya konmuştur.

1.3. Tedarik Zinciri Yönetimi Sisteminde Kaos Senkronizasyonunun Ve Kontrolünün Araştırılması (Investigation Of Chaos Synchronization And Control İn Supply Chain Management System)

Kaos senkronizasyonu, iki veya daha fazla, dağıtıcı (dissipative) kaotik sistemin birleşmesiyle ortaya çıkabilen bir olgudur. Böylelikle senkronize durumun kararlılığı [38] yani kaotik etkinin azaltılarak kontrolün sağlanması amaçlanmaktadır. Senkronizasyon, etkileşimli sistemlerin yapısına ve bağlantı türüne ve sistemler arasındaki yakınlığa bağlı olarak çeşitli formlarda olabilir. Tedarik zinciri sisteminde senkronizasyonu ve kontrolünü geri bildirim (feedback) kontrolörleri ([32], [33]) veya hibrit zeki kontrol modelleri [34] ile sağlayan çalışmaların yanında Lei, Li ve Xu [39] tedarik zinciri sisteminde kamçı etkisinin olumsuz etkilerini azaltmak için yapay sinir ağları kullanılarak sistem senkronizasyonu ile kaos kontrolü de amaçlamışlardır.

1.4. Bir Tedarik Zinciri Yönetim Metodolojisi Olarak Kaos Teorisi (Chaos Theory As A Supply Chain Management Methodology)

Sistemdeki stokastik olayların etkisinin incelenmesi ve kaotik davranışlara ilişkin risk değerlendirmesi üzerine yapılan çalışmalar, acil durum planı üzerine tahmin yapmaya yardımcı olacaktır [36]. Bu yönüyle kaos teorisi bir yönetim metodolojisi olarak da kullanılmaktadır.

2. TEDARİK ZİNCİRİ VE KAOS İÇERİKLİ ÇALIŞMALAR ÖZET TABLOSU (A SUMMARY TABLE OF SUPPLY CHAIN AND CHAOS STUDIES)

Tablo 4'de, tedarik zincirinde kaos konulu literatürdeki tüm makaleler ile doktora düzeyinde tezlerin bir derlemesidir. Tabloda, yapılan çalışmalardaki amaç ve bulguların yanı sıra, sistemdeki kaos yapısının belirlenmesinde kullanılan teknikler ve makale/tez içerisinde verilmiş modeller ile ilgili özet bilgiler de bulunmaktadır.

Tablo4. Tedarik zinciri ve kaos içerikli makale, bildiri ve doktora tezleri özet tablosu

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
Horns, A., 1989 [40]	Üretim tesislerinin deterministik simülasyonu yapılmıştır			Deterministik modellerin eksik özelliklerine bağlı 'Kaos' olayının dışında çıkan üretim tesislerinin deterministik simülasyonunun temel bir sınırının olup olmadığı sorusunu cevaplandırmak için bu çalışma yapılmıştır.	
Deshmukh, 1993 [41]			•	İmalat sisteminin dinamik davranışı farklı sıralama politikaları altında çalışılmıştır.	İmalat sistemi modellerinde kaotik veya tahmin edilemez davranışın deneysel kanıtı sunulmuştur. Nonlineer dinamik sistemlerde uzun süreli tahmin imkansızdır.
Beaumariage, T., Kempf, K., 1994 [42]	Dört süreç aşamasına ve dört adet ekipmana sahip bir imalat sisteminin deterministik simülasyonu modellenmiştir.	İşin tamamlanma süresi (TPT) performans göstergesi olarak alınmıştır.	Çalışmada; üretim makineleri çizelgelemesi, parti büyüklüğü ve kapasitesi faktörlerinin her birinin, kaotik davranışın başlangıcı için gerekli olan karmaşıklığa katkısının olduğu gösterilmiştir.	İmalat sisteminde politika veya kuyruktaki küçük değişikliklerin büyük performans değişimlerine sebep olup olmadığının kaos kuramı ele alınarak incelenmesi amaçlanmıştır.	3 farklı bırakma politikasının çok farklı performans sonuçları ürettiği görülmüştür (bırakma politikaları sisteme hammadde eklemek için miktar ve zaman belirler). Ayrıca 3 farklı dinamik kuyruk değişimleri (fifo, pull, push) çok farklı performans sonuçları üretmektedir.
Thiel, D., 1996 [43]	Farklı verimlilik değerlerine göre Work-in-process (WIP) seviyesinde envanter istikrarı için sistem dinamiği modeli inşa edilmiştir.		• Envanter seviyeleri grafikleri • Çatallanma diyagramı	Çalışma, just-in-time felsefesine dayanan üretim sistemlerinde oluşabilecek istikrarsızlık ve kaosu ele almaktadır	İş sürecinin verimliliğinin kaotik davranış sergilediği seviyeler belirtilmiştir.

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
Wilding, 1997 [26]	Tedarikçi, montajcı ve müşteri den oluşan üç aşamalı tedarik zinciri modeli.	Matematiksel model kullanılmamıştır	<ul style="list-style-type: none"> Lyapunov üstelleri 	Tedarik zinciri içindeki sistemler tarafından dahili olarak üretilen belirsizlik kaynakları ve tedarik zinciri performansı üzerindeki etkisini incelemek	Deterministik kaosu simüle edilen depo tedarik zincirinde kolayca üretilmediği gösterilmiştir. Kaos derecesinin tedarik zincirinde kademelerin sayısına bağlı olduğu saptanmıştır. Tedarik zinciri içerisinde yaşanan dinamik davranışa sebep olan üç bağımsız etki tartışılmıştır: deterministik kaos, paralel etkileşimleri ve talep büyütme.
Jayanthi, S., Sinha, K.K., 1998 [44]	Bir gofret üretim tesisinden, 125 haftalık zaman serisi verilerini kullanarak, kavramsallaştırma testi yapılmıştır			Yüksek teknoloji imalatında yenilik uygulaması kaotik bir süreç midir? sorusu ampirik analize rehberlik eder.	
Wilding, R.D. 1998a. [12]			Doğrusal olmayan verilerin analiz yöntemleri için kaynak gösterilmiştir Zaman Serisi	Kaotik sistem özelliklerinin açıklanması ve tedarik zincirinin kaotik yapısının incelenmesi	Çalışma basit bir tedarik zincirlerinin kaotik sistemlerin özelliklerini görüntüleyebildiğini göstermektedir
Wilding, R. D., 1998b. [13]				Tedarik zinciri içerisinde belirsizlik kaynakları olarak tanımlanan üç bağımsız etkinin (deterministik kaos, paralel etkileşimler ve talep amplifikasyonu) incelenmesi.	
Larsen E.R., Morecroft J.D.W. ve Thomsen J.S., 1999 [15]	Bira dağıtım oyununa ait tedarik zinciri modeli kullanılmıştır	Sterman (1989)'ın tedarik zinciri modeline istenen stok ve istenen tedarik hattı formülleri adapte edilmiştir	Lyapunov üstelleri	Çok çeşitli dinamik davranışlar üretebilen bir üretim-dağıtım zincirinin kademeli yapısının nasıl olduğunu göstermek	<ul style="list-style-type: none"> Simülasyon ile işletmemaliyeti profiline davranış şekillerine ve kaosa luşturma koşullarına nasıl bağlı olduğunu ortaya koymuştur Parametre alanının detaylı haritaları dinamikler ve maliyetler üzerine envanter kontrol politikalarının etkisini grafiksel olarak göstermiştir Analizler düşük maliyetli politikaya parametre bölgelerinde "gezinim" (navigate) karar vericiler için neden zor olduğunu göstermiştir. İlk geçici ortalama maliyeti ve Ortalama kararlı durum maliyeti grafikleri ile maliyet ve sistem kararlı/kararsız davranışlar arasındaki bağlantının olduğu gösterilmiştir.
Katzorke I., Pkovsky, A., 2000 [45]	Sürekli ve kesikli düzen malzeme akışı için üretim dinamiklerinde (Wiendahl huni yaklaşımına dayalı) dengeli		<ul style="list-style-type: none"> Lyapunov üsteli Korelasyon fonksiyonu 	Kaosu kontrol ederek, maliyet fonksiyonunun minimizasyon sorununu ele almıştır.	Çalışmada özellikle, kaosu bir maliyet fonksiyonunun minimize edilmesi için kontrol edilebilir olduğunu gösterilmiştir. Sürekli akış durumunda sistem güçlü kaotik özellikler göstermektedir

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
	üç huni modeli kullanılmıştır.				
Charpentier, P., Alfaro, M., 2001 [46]	Esnek üretim sisteminde mekanik parçaların montaj hattı modellenmiştir. Her biri üç montaj işlemine sahip iki parça simüle edilmiştir.	Kuyruktaki parça sayısı zamansal ortalamaları (y), t anında kuyruktaki parça sayısı(x) in zamana bağlı fonksiyonu olarak modellenmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> Çatallanma analizi Otokorelasyon grafiği, Fourier spectrum, Lyapunov üstelleri 	Çalışmanın amacı, imalat üretim sistemlerinde kaotik davranışların varlığını kanıtlamak ve açık hale getirmek.	Bir atölye içinde, kaotik veya rastgele davranışa sahip başka bir hücre olmasına rağmen bir başka hücre deterministik davranış sergileyebilir. Üretim oranları ile geliş oranları arasındaki oranı değiştirilerek davranış değiştirmek mümkündür. Farklı kuyruk politikaları (Fifo, spt-en kısa işlem süresi, hpt-en uzun işlem süresi) için alt sistemlerin davranışları tablo halinde verilmiştir. Bazıları kaotik davranış sergilerken bazıları kararlı (fixed point) şeklinde davranış göstermiştir. Bir bozulma (perturbation) gibi çalışmadaki ufak bir değişiklik sistemin beklenmeyen davranış sergilemesine neden olmaktadır.
Reyes 2002 [37]		Talep fonksiyonu, bir raf alanı tahsisi modeli ve yeni sipariş noktası modelleri önermektedir.		Bakkal tedarik zincirinde ürün ikamesi ve ürün çoğalması etkilerini modellemektir. Kaos teorisi; dağıtıcı, üretici ve tedarikçi etkileşimlerine geri akışı tedarik zinciri koordinasyonu ve etkili müşteri tepkisi kullanımı iyileştirmeleri için bir metodoloji olarak keşfedilmiştir.	Bakkal tedarik zinciri gibi dinamik sistemlerin, başlangıç koşullarına bağımlılığı sergilediklerinde, sistemde deterministik kaos bulunabileceği tartışılmıştır.
Dessert, P.E., James, S.D., 2002 [47]	Hurda oranı, araç kurulum maliyeti ve çevrim süresi parametreleri üzerinde oynayabilmeye ve maksimum karı getirecek miktarları belirlemeyi sağlayan simülasyon modeli kullanılmıştır.	Birden fazla parametrenin elde edilen net kar üzerindeki kaotik değişikliklerin etkisini göstermek için modifiye edilen bir simülasyon sistemidir.		Amaç: üretim sürecini optimize etmektir	Belirlenen parametrelerdeki küçük değişimlerin büyük etkilerinin olduğu yapılan simülasyon ve hesaplanan net kar ile ortaya konmuştur. Sonuç olarak eğer bir imalat firması parametreleri değiştirmek için en uygun seti bulursa, karlılıkta net büyük getiri için bu parametrelerde sadece küçük değişiklikler gerektirir.
Schmitz, J.P.M., Beek, D.A. van, Rooda, J.E., 2002 [48]	Çalışmada, bir gofret üretim tesisinden elde edilen zaman serisine, iyi uyan kaotik davranış sergilediği görülen 'kara kutu' ARIMA modeli oluşturmak için kullanılmıştır		<ul style="list-style-type: none"> İki makine üretim sisteminin bir kesikli olay modelinin düzensiz davranışı, doğrusal olmayan zaman serisi analizi ve duyarlılık analizi ile analiz edilmiştir. Yapısal kararlılık analizi 	Çalışmada, Kaotik davranışlar görünen üretim sistemi modelleri literatür olarak tartışılmış ve dinamik sistemlerin kaos teorisi, üretim sistemlerinin küçük kesikli olay modellerine uygulanmıştır.	Çoğu durumda, üretim sistemi bms's' nin kesikli-olay modeli, küçük farklılıklara duyarlı olmadığından tam anlamıyla kaotik olduğu söylenememektedir.
Kumara, S. R. T., Ranjan, P., Surana, A., & Narayanan, V. (2003). [21]	Tedarik zincirinde kuyruk modeli oluşturulmuş ve kaos varlığı tespit edilmiştir	Kuyruk modeli 4 denklemden oluşan kesikli dinamik denklem sistemi ile gösterilmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> Güç spectrumu Çatallanma diyagramı 	Bu çalışmada önleyici olmayan kuyruk modeli ve onun lojistik alana etkileri incelenmiştir. Bir prototip tedarik zinciri örneği kullanılmıştır ve elde edilen davranışlar incelenmiştir.	Tedarik zincirinde kuyruk modeli oluşturulmuş ve kaos varlığı tespit edilmiştir

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
Bruzzone A.G., Revetria R., Simeoni S., Viazzo S. ve Orsoni A., 2004 [36]	Problem tespiti ve kaotik davranışlara ilişkin risk değerlendirme ve sınıflandırma teknikleri ile bunların etkilerini analiz etmeyi içeren bir simülasyon tabanlı metodoloji geliştirilmiştir	Matematiksel model kullanılmamıştır	<ul style="list-style-type: none"> Çatalanma diyagramı 	Kritik sonuçlardan kaçınmak ve azaltmak amacıyla, endüstriyel işlemlerde kaotik kaynakları belirlemek Gerçek bir sanayi durumu: Dağıtık kimyasal işleme lojistiği ile ilgili bir üretim sorununu incelemek	<ul style="list-style-type: none"> Önerilen metodolojikaotik eşik düzeyinde değerlendirerek sistemdeki stokastik olayların etkisini belirleyebilir. Uygulamaya dayalı bu tür bir yaklaşım, kaosu sistemi kontrol edilemez hale getirdiği durumları tespit etmek için uygulanabilir. Stratejik yönetim kararları sistemde kaos düzeyi etkiler.
Agiza, H.N., Elsadany, A.A. 2004 [22]	Düopol oyununda iki oyuncu için marjinal fayda denklemleri ile modellenmiştir	Doğrusal olmayan kesikli zamanlı iki denklem ile modellenmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> Lyapunov üstleri, Çatalanma diyagramları Fraktal boyut 	Farklı stratejiler kullanan iki firmanın temsil edildiği bir düopol oyunun dinamik davranışlarını incelemektir.	Oyuncuların farklı stratejiler uyguladıklarında Pazar dinamiklerinde değişim olduğu tespit edilmiş ve böylelikle stratejilerin çeşitli ve heterojen olmasının karmaşıklığa neden olduğu bulunmuştur.
Chryssoulouris, G., Giannelos, N., Papakostas, N., Mourtzis, D., 2004 [49]	Basit bir imalat sistemi çizelgelemesi, yaygın olarak kullanılan atama kuralları yardımıyla simüle edilmiştir	Çalışmada sistem farklı sıralama kuralları için (fifo, ilk giren ilk çıkar ve en kısa işlem süresi) 5000 işin geliş saatleri, işlem süresi ve bitiş tarihi ile karakterize edilmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> Faz diyagramları 	Çalışmada üretim sistemlerinde kaos kavramı kısaca tanıtılmış ve kaotik bir sistemi karakterize etmede kullanılan araçlar ele alınmıştır	Doğrusal olmayan dinamikler ve kaos teorisi ile ilgili kavramlar ve faz diyagramları kullanılarak, üretim sistemlerinde sevk problemi ile ilişkili değişkenlerin, ilginç geometrik desenler ortaya koyduğu görülmüştür
Drew, S., Joe, B. H., & Jonathan, R. R. 2006 [28]				Seçilen tedarik zinciri fonksiyonları için kaos teorisi ilkelerini uygulayarak tedarik zinciri bilgi tabanını genişletmektedir.	Tedarik zinciri yönetiminde zincirin tamamında önemli etkiye sahip ürün tasarımı ve envanter seviyesi kararı için tedarik zinciri uygulama örneklerinden bahsedilerek tedarik zinciri yönetiminin kaos teorisi ile nasıl daha anlaşılabilir olduğu üzerinde durmaktadır.
Alfaro, M.D., Sepulveda, J.M., 2006 [50]	Bir kesikli olay modeli üretim sistemini temsil etmek üzere simüle edilmiştir.	Altı farklı iş istasyonları, bir taşıyıcı, bir giriş istasyonu ve bitmiş parçalar için bir çıkış istasyonundan oluşan bir montaj hücresi ele alınmıştır. Verilen durumlar için montaj hücresinin dinamiklerinin kaotik olduğu görülmüştür.	<ul style="list-style-type: none"> Fourier spektrumu Fraktal boyut Zaman bağlı stok seviyesi, Güç spektrumu, Otokorelasyon fonksiyonu, Ortalama yerel Lyapunov üsteli 	İmalat sistemlerinin dinamik davranışını analiz etmek için belirli sevk kuralları ve kullanım seviyeleri altındaki kaotik davranış gözlemlenir.	Sonuçlar göstermiştir ki: SPT (En Kısa İşlem Süresi), FIFO (İlk Giren İlk Çıkar), ya da HPT (En yüksek İşlem Süresi) olarak bilinen deterministik kurallar çerçevesinde basit sistemlerde bile karmaşık bir sistem davranışı elde edilebilir. Özel çalışma koşulları için, hücrenin dinamiklerinin kaotik olduğu gösterilmiştir. Sonuçlardan, esnek üretim sistemlerinin, sistemin iş yüküne bağlı olarak kaotik davranış sergileyebileceği ve karar kurallarının makinelerle işleri atamak için kullanılabildiği sonucuna varılabilmektedir.
Wu y. ve Zhang D.Z., 2007 [14]	Müşteriler, bir perakendeci ve üretici olmak üzere üç katmanlı müşteri-tedarikçi sistemi	Talep ve stok seviyesini veren denklemler tanımlanmıştır	<ul style="list-style-type: none"> Çatalanma diyagramı 	Müşteriler ve tedarikçiler arasındaki etkileşimin tedarik zinciri davranışını nasıl etkilediğini göstermek	<ul style="list-style-type: none"> Sistemin davranış vesisteminkisiltarı dikkate alınarak doğrusal olmayan hem de doğrusal talepte deterministik kaosa sergilediği görülmüştür

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
					<ul style="list-style-type: none"> • Kaotik davranışın talep-indirim fonksiyonuna doğru bir görünümüne ulaşma ya da olmasının var olduğu bulunmuştur • Sınırlamalar veya kısıtların kaotik davranış sergilemekte önemli bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır • Modelin çözümleri çevre ve başlangıç durumları ile hareket ettiği bulunmuştur.
Papakostas, N., Mourtzis, D., 2007 [51]	Üretim hızı, bir önceki karar noktasının üretim hızı ve biriken siparişlerin boyutunun bir fonksiyonu olarak modellenmiştir ve modelin testi için çelik ürünler imalatı yapan bir Yunan firmanın gerçek verileri kullanılmıştır.	Talep ve üretim kapasitesi arasındaki ilişkiyi temsil etmek için kullanılan 4 değişken ve 4 parametrelili bir üretim sistemi ele alınmıştır.	<ul style="list-style-type: none"> • Maksimal Lyapunov üsteli • Çatallanma diyagramları 	Bu çalışmanın amacı iki yönlüdür: a) minimum üretim verilerini kullanarak talebe uyum sağlamak için üretim sisteminin yeteneğini ölçmek ve b) doğrusal olmayan ve kaotik dinamikler araçlarını kullanarak, analiz edilebilir bir üretim sisteminde uyum için farklı operasyonel politikaları göstermek.	Üretim sistemlerinin basit modelleri belli koşullar altında kaotik sistemlerin benzemeyen kararlı davranışlar gösterdiği görülmüş ve özellikle başlangıç koşullarına duyarlılık dikkate alınmıştır.
Hwang H.B. ve Xie N., 2008 [16]	Sterman (1989)'ın Bira dağıtım oyunu için oluşturduğu tedarik zinciri modeli kullanılmış	Beklenen talep ve sipariş miktarları denklemleri verilmiş	<ul style="list-style-type: none"> • Lyapunov üsteli 	Talep deseni, sipariş politikası, talep bilgi paylaşımı ve tedarik süresi faktörlerinin etkisi altında tedarik zinciri dinamikleri gözlemlemek	<ul style="list-style-type: none"> • Müşteri talep ve tedarik zamanı deterministik olsa bile sipariş veya stoklar önemli değişiklik gösterebilir • Tedarik zinciri sisteminde kaos derecesini azaltmak için, envanter ve besleme (supply) hattının her ikisindeki tutarsızlıklar için ayar parametrelerini büyüklüğü daha karşılaştırılabilir olmalıdır • Tedarik zinciri düzeyleri arasında envantere bulunan 'kaos-amplifikasyon' olgusunu keşfedilmiştir.
Ma J. ve Feng Y., 2008 [9]	Perakendeci talep modeli	Kesikli dinamik talep modeli tanımlanmıştır	<ul style="list-style-type: none"> • Maksimum Lyapunov üsteli • Çatallanma • diyagramı 	Model parametreleri (indirim oranı ve başlangıç koşullarındaki değişimin dikkate alınarak kaotik davranışını incelemek	Sistemin davranışını sistem kısıtlarını dikkate alarak deterministik kaos sergiler
Grabinski, M., 2008 [8]	depo optimizasyonunun basit bir örneğinde kaos başlangıcı matematiksel olarak hesaplanmıştır			Tedarik zinciri içerisinde kaosun, nonlineerliğin sebepleri irdelenmiştir. başlangıç koşullarına hassas bağıllık için örnekler verilmiştir.	Tedarik zincirinde kaosun varlığı açıklanmaya çalışılmıştır.
Bachlaus, M., Tiwari, M. K., Shankar, R., 2008 [52]	Hazırlık maliyetini ve zaman minimizasyonunu içeren matematiksel bir model			Çalışma, maliyet minimizasyonu ve zaman minimizasyonu için bir optimum parça dizisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Üç farklı kaotik dizi üreticileri kullanılarak temel dizi (part) sorunu üzerindeki etkileri incelenmiştir.	Kurulum maliyeti ve kurulum süresini en aza indirmeye çalışan SSMS (single-stage multifunctional machining system) için yeni bir sıralama ve zamanlama stratejisi (Kaos

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
	formüle edilmiştir				gömülü tavlama benzetimi algoritması) sunar
Benaissa, K., Diep, D., Dolgui, A., 2008 [53]	Basit deterministik üretim modeli		<ul style="list-style-type: none"> Çatallanma diyagramı 	Burada ajanlara dayalı basit deterministik üretim modelinin dinamik davranışı analiz edilmiştir.	Çoklu-ajan sistemlerin parametrelerin göre, üretim sisteminin kaotik bir davranış sergilenebilir olduğunu göstermiştir
Anne K. R., Chedjou J.C. ve Kyamakya K., 2009 [31]	3 aşamalı tedarik zinciri modeli oluşturulmuştur	Kesikli modelin çok küçük zaman aralıkları göz önüne alınarak Sürekli dinamik modeli oluşturulmuştur	<ul style="list-style-type: none"> Çatallanma diyagramları Faz Diyagramı 	Üç kademe tedarik zincirinin dinamik davranışını incelemek. İleri beslemeli kontrol parametreleri	
Bartholdi III, J.J., Eisenstein, D.D., Lim, Y.F., 2009 [54]	Hücre grup montaj hatlarının bir modeli ele alınmıştır			Hücre gruplarının geliştirilmiş modelinin bir örneğinin kaotik davranış yeteneğine sahip olduğunu kanıtlamak hedeflenmiştir.	Ürünler arası tamamlanma süreleri ve dolayısıyla ürünlerin başlangıç ve bitiş süreleri kaotiktir. Hücre gruplarının geliştirildiği model, tamamen deterministik olsa da, kaotik davranış yeteneğine sahiptir. Bu kesikli üretimin gerçekçi bir modelinin kanıtlanabilir kaotik davranışının ilk örneğidir.
Ramírez ve Peña, 2011 [29]	Fabrika bağlantıları, dağıtım, toptan ve perakende satış ile müşteri kavramlarının bulunduğu dört düzeyde bir tedarik zinciri modeli		İki ve üç boyutlu grafiklerle sistem düzensizce hareket ettiği zamanların mevcut olduğu görülmektedir	A, bir sipariş gerçekleştirildiği anda gerçek stok ve bekleyen siparişleri dikkate alan ürün birimlerinin sayılarının katsayısı (0-1 aralığındadır); B, tedarik zinciri bağlantılarında her bir siparişin gerçekleştiği anda besleme (supply) hattındaki birim sayısının katsayısı. İki karar parametresi ile önceki ve sonraki seviyelerin bağlantılarının ne olacağını araştırmak	<ul style="list-style-type: none"> Tedarik zincirindeki herhangi bir seviyede optimize etmek için yapılan küçük bir değişiklik başka önemli değişikliklere neden olabilir. Tedarik zinciri komple bir sistem olarak ele alınmalıdır
J. Ma, X. Pu, 2011 [19]	Pazarın ikinci dereceden (quadrotic) ters talep fonksiyonuna sahip olduğu ve firmanın kübik toplam maliyet fonksiyonunu kullandığı triopol dinamik bir oyun, üç boyutlu lineer olmayan fark denklemleri ile modellenmiştir.	Üç denklemler kesikli dinamik sistem modellenmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> Garip çekerlerinin fraktal boyutları Çatallanma diyagramları Lyapunov üstelleri 	Çalışmada, ters talep fonksiyonunun ikinci dereceden olduğu ve toplam maliyet fonksiyonunun kübik olduğu varsayımı ile farklı beklentilerle triopol piyasa modelinin dinamik davranışları incelenmiştir.	Garip çekicilerin fraktal boyutu ekonomik sistemin fraktal boyut yapısının kaotik bir sistem olduğunu göstermektedir
Zhang, H., Hu, Y., 2011 [55]				İmalat ızgara (MGrid) gelişmiş bir üretim teknolojisi türüdür. ağ aracılığıyla, MGrid, bazı coğrafi olarak dağıtılmış işletmelerin ve kaynakları ve merkezi, ancak fiziki olarak dağıtık olan Sanal örgüt (virtual organizations -VOs) biçimlerini bağlayabilir. burada kaynak birleştirmede optimizasyon için kaos kuramından faydalanarak yeni algoritma geliştirilmiştir.	Deneysel sonuçlar önerilen algoritma ile verimli, etkin ve ızgara sisteminde kaynak birleştirme sorununu çözmek için ölçeklenebilir olduğunu göstermektedir
Guo Y. ve Ma J., 2013 [24]	İki farklı oyun modeli için üretici ve bir perakendeci ile kapalı-döngü	Bayinin satış ve toplama karlılığı ile imalatçının bayiye ödediği toplamın transfer ücreti ve	<ul style="list-style-type: none"> Güç spektrumu Çatallanma diyagramı 	Marjinal fayda maksimizasyonunda sistem parametrelerinin etkilerini iki oyun modelini karşılaştırarak analiz etmek	Merkezi olmayan karar verme durumunda toplama fiyatı (collecting price) ve sistem karının daha düşük olduğu

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
	tedarik zinciri sistemi için bir toplama fiyat oyun modeli	imalatçının karlılıklarını veren 4 denklemden oluşan kesikli dinamik CLSC sistemi modellenmiştir			
Wang G. ve Ma J., 2013 [25]	Birden fazla oligopol üreticiler arasında bir çıkış oyunu modeli	Kesikli dinamik tedarik zinciri modeli oluşturulmuş. Model 3 imalatçı firmadan i. firmanın üretim kararını veren denklemlerden oluşmaktadır	<ul style="list-style-type: none"> Çatallanma diyagramları Lyapunov üsteli Kaotik çekiciler 	Piyasada üretici çıktı ayar (output adjustment) parametresinin etkisini kaotik bakış açısı ile değerlendirmek	Modelin istikrarlı ve dengede ideal duruma ulaşması için, çıktı ayarı (output adjustment) hız katsayısı azaltılmalıdır.
Macdonald J.R., Frommer I.D. ve Karaesmen I.Z., 2013 [27]	Sterman (1989)'ın Bira dağıtım oyununda oyuncuların sipariş kararları modeli kullanılmış	Beklenen zarar oranını hesaplayan denklem oluşturulmuş	Olağanüstü sipariş bilgileri etkisi ve sipariş miktarlarındaki envanter bilgileri etkisi parametrelerinin stok seviyeleri grafiklendirilmiştir	<ul style="list-style-type: none"> Biradağıtmoyunundakısa ve uzundönemliperformansı Sistemin durağan hale ne kadar hızlı geçebileceğini araştırmak Tedarik zincirindeki davranışsal sorunlar 	Birtedarik zincirinin kısa vadeli performansı uzun vadeli performans belirleyicisi (predictor) olmadığını sonucuna varılmıştır.
Alfaro, M.D., Sepúlveda, J.M., Ulloa, J.A., 2013 [56]	Esnek bir üretim sisteminin bekleme hattı ele alınmıştır ve işleme alanı üç tip parça üreten üç farklı makinelerden oluşturulur. Her bir parça işlem sırasına göre farklı makinelerde yürütülebilen bir dizi operasyona sahiptir.	Geliş hızı ve servis hızı sistemin dengede olduğunu gösterir. Fifo uygulanmış. Her makinede çalışma süresini tabloda verilmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> Fourier güç spektrumu, Correlation Dimension Lyapunov üsteli 	Makalede kaotik davranışa sahip bir imalat sisteminin bir bekleme hattındaki parçaların zamanla değişen ortalama sayısının tahmini için yapay sinir ağları ve vektör destek makinelerinin bir uygulaması ele alınmıştır.	En iyi sonuçlar en küçük kareler destek vektör makineleri ile elde edilmiştir. Bu iki model esnek bir üretim sisteminden elde edilen kaotik diziyi tahmin etmede etkili olduğu ifade edilebilir. Elde edilen sonuçlara göre, bu sistemin davranışı bir adım (bu 0.15 zaman birimleri) sonrasının tahmin edilebilir sonucuna varılabilir.
Dong M.A., 2014 [10]	Sipariş ve stoğa üretim stratejilerine sahip tedarik zinciri kesikli modelleri	Talep ve üretim miktarı değişkenlerinin oluşturduğu doğrusal olmayan kesikli dinamik sistem	<ul style="list-style-type: none"> Çatallanma Lyapunov katsayısı Güç spektrumu Korelasyon boyutu 	Geliştirilen tedarik zinciri modellerinin dinamik karakteristiklerini incelemek	Üretici gruplarının esnek üretim imkanları, tedarik zincirinde kamçı etkisinin sebepleri ve önlemleri tartışılmıştır
Hwang H.B. ve Yuan X., 2014 [17]	Bira dağıtım modeli	Zincirin t anında i. seviyesinde beklenen talep denklemleri tanımlanarak tedarik zinciri kesikli zamanda modellenmiştir	<ul style="list-style-type: none"> Lyapunov üstelleri 	Sistem dinamiklerinin kaos karakteristiklerinde taleptürü, talepsüreci ve tedarik zinciri düzeyinde verimli etkilerini araştırmak	<ul style="list-style-type: none"> Stokastik ve deterministik talepsüreci arasındaki kaotik açıdan ayrım vardır Stokastik talepsürecileri doğrusal olmayan dinamikler arasında ki etkileşim karmaşıktır
Li T. ve Ma J., 2014	Çift kanal Bertrand Oyunu modeli (ağ ve geleneksel kanal) İki bayiden 1. müşteriye ürünü ağdan ve mağazadan , 2. sadece internetten satış	talep fonksiyonları, fayda fonksiyonları ve 3 farklı durum için ürün fiyat kararını veren kesikli dinamik sistem modellenmiştir	<ul style="list-style-type: none"> Denge noktaları Çatallanma teorisi 	<ul style="list-style-type: none"> Denge noktalarının yerel kararlılığı incelemek Dinamik davranışları ve özellikleri tanımlamak 	<ul style="list-style-type: none"> Geleneksel kanalda fiyat gecikme kararının sistemi daha istikrarlı kıldığı bulunmuştur. Kaos ortaya çıktığında, pazar anormal düzensiz ve öngörülemez hale gelmektedir.

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
	yaptığı tedarik zinciri modeli				
Ma J. ve Wang H., 2014	İki ortak olmayan (noncooperative) oyun modeli: Stackelberg ve peer-to-peer oyun modeli geliştirilmiştir. Bir üretici ve bir bayiden oluşan ürün geri kazanımlı, bir kapalı döngü tedarik zinciri (CLSC)	Bayinin satış ve toplama karlılığı ile imalatçının bayiye ödediği toplama transfer ücreti ve imalatçının karlılığını veren 4 denklemden oluşan kesikli dinamik CLSC sistemi modellenmiştir	<ul style="list-style-type: none"> Çatallanma diyagramları En büyük Lyapunov üsteli (LLE) 	Farklı karar kriterleri altında 2 oyun modeli geliştirmek ve bu çatallanma, kaos ve başlangıç değerlerine hassasiyet gibi dinamik olayları incelemek	Perakendecinin rekabetçi konumunu iyileştirmesiyle, kapalı döngü tedarik zinciri (CLSC) sisteminin kaos girmesini kolay olacaktır.
Ma J., Li, Q., 2014 [57]	belirsiz talep ile riskten kaçınan tedarik zincirinde iki üreticileri ve ortak bir perakendeci de dahil olmak üzere dinamik Bertrand-Stackelberg fiyatlandırma modelleri kurulmuştur	İki üreticiler arasında Bertrand oyunu ve üretici ve perakendeci arasındaki Stackelberg oyunu ele alınmıştır	<ul style="list-style-type: none"> güç spektrumu, garip çekerler çatallanma diyagramları Lyapunov üsteli 	belirsiz talebin altında, İki üreticileri ve ortak bir perakendeci ile bir riskten kaçınan tedarik zincirinin dinamik karmaşıklığı ele alınmıştır	tedarik zincirinde kaos durumunda iken iki üreticinin ve tedarik zincirinin karı azalacak ve perakendeci hak sahibi olacaktır. Tedarik zincirindeki dalgalanma, fiyat ayarlama hızının kontrolü ile kontrol edilebilir. çalışmada değişken geribesleme kontrol yöntemi, sisteminde kaos kontrol etmek için kullanıldı.
Ma J., Chen B., 2014 [58]	Bir kapalı döngü tedarik zincirinde üç oligarşik perakendecilerin oyunu modellenmiştir	Her bir perakendecinin atık ürünleri geri dönüşümlü miktarı, yeni ve ikinci el ürünlerin fiyat fonksiyonları, her bir perakendecinin karını veren fonksiyonlar ile fiyat ayar stratejilerini gösteren fonksiyonlar verilerek kapalı döngü tedarik zincirindeki üç oligarşik perakendecinin kesikli dinamik sistemleri matematiksel olarak modellenmiştir. ve kaos kontrolü için dinamik sisteme bir ayar parametresi eklenmiştir.	<ul style="list-style-type: none"> Çatallanma diyagramı Güç spektrumu Maksimum Lyapunov üsteli 	Kapalı döngü geri dönüşüm alanındaki tedarik zincirinde kaos kontrolü üzerine çalışılmıştır.	Parametre ayarını ve kaos kontrolü için değişken durum geri beslemeli kontrol stratejisi kullanılmış ve sistem kaosu etkin bir şekilde geciktirilmiştir
Göksu A., Kocamaz U.E. ve Uyaroglu Y., 2015 [33]	Üretici, dağıtıcı ve müşteriden oluşan 3 aşamalı tedarik zinciri modeli	Zhang ve diğerlerinin (2006) tanımladığı sürekli dinamik tedarik zinciri modeli	<ul style="list-style-type: none"> Zaman serisi Faz diyagramları Lyapunov kararlılık teorisi 	Tedarik zinciri yönetimi sistemi kaos senkronizasyonu ve kontrolünü araştırmak	
Sajid, M., Almufadi, F., Jahanzaib, M., 2015 [59]	Sistem davranışını tanımlamak için montaj sisteminin süreç		<ul style="list-style-type: none"> Ortalama Lyapunov üsteli 	Üretim sisteminin esnek bir montaj hattında kaotik davranışlarını incelemek	Ortalama Lyapunov üsteli pozitif olduğundan, zaman serisi verileri ile yapılan analizden elde edilen sonuç,

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
	İçerisinde işlemleri (wip) seçilmiştir. Esnek bir montaj hattında kaos varlığını belirlemek için bir algoritma önerilmektedir				kaotik davranışın sergilendiği şeklindedir.
Demir, B., Alptekin, N., Kılıçaslan, Y., Ergen, M., Çağlarırnak Uslu, N., 2015 [60]	Bu çalışma, tarımsal arzı gelecekteki değerlerinin tahmininde yeni bir model önermektedir.	Model, arz dengesizliğini ve aşırı fiyat dalgalanmalarını önlemek için etkin politikalar üretmeye yardımcı olacaktır.	<ul style="list-style-type: none"> • Lyapunov üsteli 	Bu çalışmanın amacı, "Kaotik Dinamik Analizi (CDA)" kullanarak, Türkiye'de tarımsal üretimde kaotik yapının varlığını incelemek ve tarımsal üretimin doğru bir tahmini sağlamaktır	Buğday için yüzde 0.5 hata, arpa için 5 yüzde hata ve pirinç için yüzde 2,5 hata ile 2010 yılı üretim arzı öngörülmüştür
Zhang F, Ma J. 2015 [61]	Stackelberg oyun modeli Nash oyun modeli	İki modelin karmaşık doğrusal olmayan dinamikleri davranışları üzerindeki katsayı ve karar parametrelerinin etkisi, sayısal simülasyon yoluyla analiz edilir	<ul style="list-style-type: none"> • Lyapunov Üsteli • Garip Çeker • Çatallanma Diyagramı 	Stackelberg oyun modelinde, toptan satış fiyatının ya da doğrudan fiyatın daha yüksek ayar hızının üretici için dezavantajlı olduğunu, ancak perakendeci için yararlı olduğunu göstermektedir.	İki modelde, imalatçının ve perakendecinin ayarlanan parametrelere göre ortalama karı analiz edilir, toptancı fiyatının Stackelberg modelindeki perakendeci için daha avantajlı fakat Nash modelindeki üreticiye göre avantajlı olduğu sonucuna varılabilir.
Lou, W., Ma, J., and Zhan, X. (2016). [62]	Sales game modeli	Bir üretici ve bir geleneksel perakendeci ve bir online perakendeci dahil olmak üzere iki perakendeciden oluşan bir tedarik zinciri sistemi üzerinde çalışıyoruz.	<ul style="list-style-type: none"> • Çatallanma • Lyapunov üsteli • Kaotik Çeker • Entropi Diyagramı 	Tedarik zincirindeki boğa etkisini, satış oyunu ve tüketici geri dönüşleri ile entropi ve karmaşıklık teorisi ile analiz etmeye ve sistemin kaotik halini kontrol etmek için gecikmiş geri bildirim kontrol yöntemini almaya adanmış	Gecikmiş geri besleme kontrol yönteminin yardımıyla, online perakendeci sistemi kontrol edebilir, istikrarlı bölgeyi genişletebilir ve boğa etkisini etkili bir şekilde azaltabilir
Junhai Ma and Fengshan Si 2016 [63]	İki Aşamalı Gecikmeli Sürekli Bertrand Duopoly Oyun Modelinin	Sistemin istikrarının fiyat istikrarını sağlamak ve firma kârını sağlamak için gecikme ve ağırlığa bağlı olduğunu, firmaların makul bölgedeki parametreleri kontrol etmesi gerektiğini gösterilmesi.	<ul style="list-style-type: none"> • Güç spektrumu, Kaotik çeker • Bifürkasyon diyagramı • Lyapunov üssü • 3D yüzey şeması, 4D Kübik Şeması, 2D parametre 	Amacımız sistemin karmaşık dinamik özelliklerine gecikmenin ve ağırlığın etkisini araştırmaktır	Bu çalışma, gecikmenin değişmesinin, sisteme istikrarlı bir durumdan istikrarsız duruma yol açacağını, bunun da fiyatlarda büyük bir dalgalanmalara neden olacağını ve karlarda düşüşe neden olacağını göstermektedir.
Han, Z., Ma, J., Si, F., and Ren, W. (2016). [64]	Hidroelektrik pazarında çift gecikmeli bir ikili oyun modeli	Karar verirken hem mevcut hem de tarihsel çıktıları dikkate alan işletmeler için bir oyun modeli oluşturulmuş.	<ul style="list-style-type: none"> • Çatallanma Diyagramı • Lyapunov Üsteli • Zaman Serisi • Kaotik Çeker 	Araştırma, sistemin karmaşıklığı üzerinde zaman gecikmesi parametresinin etkisine odaklanmıştır.	İşletmelerin piyasa istikrarını korumaya yönelik karar alma kuralları incelenmiştir.
Junhai Ma and Wandong Lou 2017 [65]	Dinamik fiyatlandırma oyununa odaklanıyor birden fazla İnternet kanalı ile cihaz tedarik zinciri ve çok kanallıların lineer olmayan özelliklerini araştırır	Çok kanallı tedarik zincirlerinin boğa etkisini, envanter politikasını sipariş bazında da araştırıyoruz.	<ul style="list-style-type: none"> • Çatallanma Dyagramı • Lyapunov Üsteli • Zaman Serisi 	Çok kanallı tedarik zincirinde üretici ev halkına kullanışlı bir yönetim stratejisi oluşturmak.	Birinci olarak, hem ev aletleri üreticisi hem de perakendeci perakende kanallarını uygun bir fiyatla yönetmeli istikrarlı bölgede ayarlama hızı ve bunların her biri fiyatlandırma kararları cazibe alanını aşamaz. İkincisi, ikinci olarak, üretici boğaları azaltmak istiyorsa etkisi, onlar daha radikal bir fiyatlandırma stratejisi benimseyebilirler

Yazar(lar), Yıl	Model	Model Açıklama	Kaos Belirleme Yöntemi	Amaç	Sonuç-bulgular
					İnternet kanalı Üçüncü olarak, perakende üzerinde geri bildirim kontrolüdür.
Junhai Ma ,1 Hao Ren , Miao Yu ,1 and Meihong Zhu 2018 [66]	Kapalı döngü tedarik zinciri modeli Dinamik Oyun Modeli	. Bir üreticiden ve bir üçüncü şahıstan oluşan çift kanallı geri dönüşümlü kapalı devre tedarik zinciri modeli	<ul style="list-style-type: none"> Çatallanma Diyagramı Lypunov Üsteli Kaotik Çeker Kolmogorov Entropisi 	Oyun tarafları arasında, oyunun kolektif çıkarlarını en üst düzeye çıkarmak ve ilgili tedarik zinciri koordinasyon mekanizmasının kurulması için bir işbirliği mekanizması kurmak.	Profesyonel hizmetler sunan az sayıda küçük geri dönüşüm ürünü de geleneksel pazarda belirli bir etki yaratabilir.Kaotik durumda daha fazla veriye ihtiyaç duyuluyor.Başlangıç koşulları değişince çok fazla ihtimal ortaya çıkıyor.
Hamid Norouzi Nav Mohammad Reza Jahed Motlagh Ahmad Makui 2018 [67]	Karmaşık ve Doğrusal olmayan dinamik tedarik zinciri modeli	İki sipariş politikası vardır: pürüzsüz sipariş politikası ve yeni bir politika orantılı türev kontrolöre göre tasarlandı	<ul style="list-style-type: none"> Faz diyagramı Lypunov üsteli Zaman serisi 	Dört senaryo ağı kaotik davranışını modellemek ve analiz etmek için tasarlanmıştır	SCN'de daha az yoğun kaotik davranışla bu politikaya uygundur. Envanter ayarlaması parametresi önemli bir iç karar değişkenidir. ve envanterin kontrol edilmesinde önemli bir rolü vardır.
Jianwei Chang and Liuwei Zhao 2018 [68]	Stackelberg Game Model-Dynamic Cooperative Game Models	Bu çalışma, bir üretici ve bir perakendeciden oluşan yeniden üretim sistemi içerisinde tedarik zincirine odaklanmıştır.	<ul style="list-style-type: none"> Çatallanma Diyagramı Lypunov Üsteli 	Yeneden üretilecek olan ürünün üretici ve perakendecisini dinamik oyun modeliyle kaotik yapısını incelemek.	Bu çalışma, yeniden üretime giren ürünlerle ilgili üretici firma ve bir perakendeciden oluşan tedarik zinciri mekanizması hakkında derinlemesine bilgi sağlamıştır. Bu nedenle bu çalışma, stratejik kararların uygulanması için politika yapımcılar, tedarik zinciri yöneticileri ve karar vericiler için yararlı bir kılavuz görevi görecektir. .
Gültekin Çağıl, Neslihan Açıkgöz, 2018 [69]	Üretici, dağıtıcı ve müşteriden oluşan 3 aşamalı tedarik zinciri matematiksel modeli	Modelde üç durum değişkeni tanımlanmıştır: talep (x), stok (y) ve üretim miktarı (z).	<ul style="list-style-type: none"> Faz portresi Zaman Serisi 	Tedarik zinciri sisteminde özellikle talep denkleminde eklenen yeni terimin, sisteme çok katmanlı kaotik davranışın incelenmesi.	Müşteri sadakatinin artması, kaotik yapının azalmasını ve sistemin kararlı duruma yaklaşmasını sağlamaktadır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME (CONCLUSION AND EVALUATION)

Tedarik zinciri, birçok varlık ile bunlar arasındaki etkileşimden oluşan dinamik ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu yapı içerisindeki çeşitli belirsizlik ve değişkenlik kaynakları sistemin kestirilemez olmasına sebep olmaktadır. Özellikle imalat, taşıma, depolama fonksiyonları içerisinde barındırdığı yüksek değişkenlik nedeniyle uzun döngü sürelerine, süreç içi iş düzeylerinin artmasına, israfa ve verimlilik kaybına sebep olmaktadır. Değişkenlik kaynakları iş istasyonları veya operatörlerin işlem süreleri olabileceği gibi bunlara bağlı olarak oluşan iş istasyonlarından gelen ürünlerin gelişler arası süreleri, kuyruk süresi şeklinde örneklenebilir. Değişkenliğin en sık nedenleri; operatörler, makineler ve malzeme farklılıkları nedeniyle oluşan doğan değişkenlikler, makine veya operatörlerin ani servis dışı kalması durumu, makine hazırlık süreleri olarak görülmektedir. Böyle bir sistemin belirsizlik durumu ile karşı karşıya gelmeden, kontrol altına alınması büyük önem kazanmaktadır. Bu da kaos teorisi bakış açısı ile mümkün olabilmektedir. Kaos teorisi, kullanılan farklı yöntemler ile

kaotik, yarı kaotik, periyodik durum tespiti yapmayı; sisteme kontrol parametreleri ekleyerek farklı durumlarda sistem davranışlarını tespit etmeyi sağlamakta ve sistem belirsizliğe girmeden uygun tedbirler alınmasına yardımcı olmaktadır. Böylelikle zaman, para ve işgücü kayıplarının önlenmesi sağlanmış olacaktır.

Yapmış olduğumuz Tedarik Zincirinde Kaos: Bir Literatür Taramasında,1989-2018 yılları arasındaki tedarik zincirin kaos çalışmalarının modelleri, kaosu belirleme yöntemleri araştırılıp makalede tablolar şeklinde verilmiştir. Ayrıca makalede kaosu belirleme yöntemleri incelenmiştir. Bu farklı modellerdeki kaos belirleme yöntemlerinden en çok kullanılanlarından bazıları; lypunov üsteli, çatallanma diyagramları, zaman serileridir.

Literatürde Tedarik zincirinde kaos uygulamaları üzerine yapılmış makalelerin/tezlerin dört farklı grupta toplanabileceği ortaya çıkmıştır. Bunlar:1)Talep tahmini, stok yönetimi, dağıtım, ürün tasarımı gibi zincirin tamamını etkileyen temel fonksiyonlardaki karmaşıklığın kaos bakış açısı ile yorumlanması ve anlamlandırılması; 2) Farklı

şekilde modellenmiş tedarik zinciri sisteminin dinamik davranışlarının incelenmesi; 3) Tedarik zinciri yönetimi sistemi kaos senkronizasyonunun ve kontrolünün araştırılması; 4) Bir tedarik zinciri yönetim metodolojisi olarak kaos teorisinin kullanılması şeklindedir. Bununla ilgili çalışmaların bir özet tablosu makale içerisinde sunulmuştur.

Bu alanda yapılmış çalışmalarda farklı şekilde tasarlanmış tedarik zinciri sistemleri, basit bir imalat sistemi, iş istasyonu veya atölye modellemek amacıyla mevcut verileri kullanarak yukarıda bahsi geçen farklı kaynaklara ait dinamik davranışlar; çatallanma diyagramı, faz diyagramı, Lyapunov üsteli gibi çeşitli yöntemler ile ortaya konulmuştur.

KAYNAKÇA (IEEE STYLE REFERENCE CITATION)

- [1]. E. Simangunsong , L.C. Hendry & M. Stevenson (2012): Supply-chain uncertainty: a review and theoretical foundation for future research, *International Journal of Production Research*, 50:16, 4493-4523
- [2]. Singh, Harvir; Singh, Amarjit (2002); *Principles of Complexity and Chaos Theory in Project Execution: A New Approach to Management*, Cost Engineering; Dec2002, Vol. 44 Issue 12, p23
- [3]. Forrester J., "Industrial Dynamics", MIT Press, 1961.
- [4]. HOULIHAN, J. B. (1987), "International Supply Chain Management", *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, Vol.17, No. 2, pp. 51-66.
- [5]. Burbidge, J.L., "Period batch control (PBC) with GT – the way forward from MRP", BPCIS Annual Conference, 1991
- [6]. Lee H L, Padmanabhan V and Whang S (1997a), "Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect", *Management Science*, Vol. 43, No. 4, pp. 546-558.
- [7]. Lee H, Padmanabhan V and Whang S (1997b), "The Bullwhip Effect in Supply Chains", *Sloan Management Review*, Vol. 38, No. 3, pp. 93-102.
- [8]. Grabinski, Michael. (2008). Chaos – limitation or even end of supply chain management. *High Speed Flow of Material, Information and Capital*
- [9]. Ma J., Feng Y. " The Study of the Chaotic Behavior in Retailer's Demand Model" *Discrete Dynamics in Nature and Society* 2008, Article ID 792031, 12 pages, 2008 <http://dx.doi.org/10.1155/2008/792031>
- [10]. Dong M.A, "Research On Supply Chain Models And Its Dynamical Character Based On Complex System View" *Journal of Applied Science* 14(9), 932-937, 2014 DOI: 10.3923/jas.2014.932.937
- [11]. Stapleton, D., Hanna, J.B., Ross, J.R. (2006). Enhancing Supply Chain Solutions with the Application of Chaos Theory. *Supply Chain Management*, 11(2), 108-114.
- [12]. Wilding, R.D. (1998a). "Chaos Theory: Implications for supply chain management " *International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, Issue 1, pp. 43-56. DOI: 10.1108/09574099810805735
- [13]. Wilding, R., 1998b. The supply chain complexity triangle: uncertainty generation in the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28 (8), 599–616. <https://doi.org/10.1108/09600039810247524>
- [14]. Y. Wu and D. Z. Zhang, "Demand fluctuation and chaotic behavior by interaction between customers and suppliers," *International Journal of Production Economics*, vol. 107, no. 1, pp. 250–259, 2007. DOI: 10.1016/j.ijpe.2006.09.004
- [15]. Larsen E.R., Morecroft J.D.V., Thomsen J.S. " Complex behaviour in a production-distribution model" *European Journal of Operational Research* 119, 61-74, 1999 DOI: 10.1016/S0377-2217(98)90349-6
- [16]. Hwang H.B., Xie N. "Understanding supply chain dynamics: A chaos perspective" *European Journal of Operational Research* 184, 1163–1178, 2008 DOI: 10.1016/j.ejor.2013.09.025
- [17]. Hwang H.B., Yuan X., "Production, Manufacturing and Logistics Interpreting supply chain dynamics: A quasi-chaos perspective" *European Journal of Operational Research* 233, 566–579, 2014
- [18]. Levy, D. (1994), *Chaos Theory And Strategy: Theory, Application, And Managerial Implications*, *Strategic Management Journal*, Vol. 15, 167-178
- [19]. J. Ma, X. Pu, Complex dynamics in nonlinear triopoly market with different expectations, *Discrete Dyn. Nat. Soc.* 2011 (2011), <http://dx.doi.org/10.1155/2011/902014>.
- [20]. Li T., Ma J. "Complexity analysis of the dual-channel supply chain model with delay decision" *Nonlinear Dynamics*, 78 (4), 2617-2626, 2014 DOI: 10.1007/s11071-014-1613-9
- [21]. Kumara, S. R. T., Ranjan, P., Surana, A., & Narayanan, V. (2003). Decision making in logistics: A chaos theory based approach. *CIRP Annals*, 52(1), 381–384. DOI: 10.1016/S0007-8506(07)60606-4
- [22]. Agiza, H.N., Elsadany, A.A.: Chaotic dynamics in nonlinear duopoly game with heterogeneous players. *Appl. Math. Comput.* 149(3), 843–860 (2004) DOI: 10.1016/S0096-3003(03)00190-5
- [23]. Hilborn, R. C. (1994). *Chaos and nonlinear dynamics: an introduction for scientists and engineers*. New York: Oxford University Press.
- [24]. Guo Y., Ma J." Research on game model and complexity of retailer collecting and selling in closed-loop supply chain" *Applied Mathematical Modelling* 37,5047–5058, 2013, <https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.09.034>
- [25]. Wang G., Ma J." Modeling And Complexity Study Of Output Game Among Multiple Oligopolistic Manufacturers In The Supply Chain System" *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 23 (3) 1350038 (11 pages), 2013 DOI: 10.1142/S0218127413500387
- [26]. Wilding R.D. "An Investigation into Sources of Uncertainty within Industrial Supply Chains; Amplification, Deterministic Chaos & Parallel Interactions." University of Warwick, Department of Engineering, Doctoral Thesis, 1997

- [27]. Macdonald J.R., Frommer I.D., Karaesmen I.Z., "Decision making in the beer game and supply chain performance" *Oper Manag Res* 6,119–126, 2013 DOI: 10.1007/s12063-013-0083-4
- [28]. Drew, S., Joe, B. H., & Jonathan, R. R. (2006), Enhancing supply chain solutions with the application of chaos theory", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 11 Iss 2 pp. 108 – 114 DOI: 10.1108/13598540610652483
- [29]. Ramírez S.A., Peña G.E. "Analysis of Chaotic Behaviour in Supply Chain Variables" *J. econ. finance adm. sci.*, 16(31),85-106, 2011 (in Spanish)
- [30]. Ma J. , Wang H." Complexity analysis of dynamic noncooperative game models for closed-loop supply chain with product recovery" *Applied Mathematical Modelling* 38, 5562–5572, 2014, <https://doi.org/10.1016/j.apm.2014.02.027>
- [31]. Anne K.R., Chedjou J.C. and Kyamakya K., (2009), Bifurcation analysis and synchronisation issues in a three-echelon supply chain, *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 12, No. 5, October 2009, 347–362 <https://doi.org/10.1080/13675560903181527>
- [32]. Tirandaz H., Aminabadi S. S., Tavakoli H., (2017), Chaos synchronization and parameter identification of a finance chaotic system with unknown parameters, a linear feedback controller, *Alexandria Engineering Journal*, ISSN 1110-0168, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.03.041>.
- [33]. Göksu A., Kocamaz U.E. ve Uyaroğlu Y.,(2015), Synchronization and control of chaos in supply chain management" *Computers & Industrial Engineering* 86 (2015) 107–115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.09.025>
- [34]. Kocamaz U.E., Taşkın H. , Uyaroğlu Y., Göksu A., (2016), Control and synchronization of chaotic supply chains using intelligent approaches, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 102, Pages 476-487, ISSN 0360-8352, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.03.014>.
- [35]. Z. Lei, Y. Li and Y. Xu, (2006) "Chaos Synchronization of Bullwhip Effect in a Supply Chain," 2006 International Conference on Management Science and Engineering, Lille, 2006, pp. 557-560. doi: 10.1109/ICMSE.2006.313955
- [36]. Bruzzone A.G., Revetria R., Simeoni S., Viazzo S., Orsoni A. "Anticipating the Chaotic Behaviour of Industrial Systems Based on Stochastic, Event-Driven Simulations" *Computing Anticipatory Systems: CASYS'03 — Sixth International Conference, AIP Conference Proceedings*, Vol. 718 Issue 1, p557,2004
- [37]. Reyes P.M. "Integrating The Effects Of Product Substitution And Proliferation Into Grocery Supply Chain Decisions" *The University of Texas at Arlington, Philosophy Doctoral Thesis*, 2002
- [38]. Pecora L.M. and Carroll T. L., (2015), Synchronization of chaotic systems, *Chaos* 25, 097611 (2015); <https://doi.org/10.1063/1.4917383>
- [39]. Z. Lei, Y. Li and Y. Xu, "Chaos Synchronization of Bullwhip Effect in a Supply Chain," 2006 International Conference on Management Science and Engineering, Lille, 2006, pp. 557-560. doi: 10.1109/ICMSE.2006.313955
- [40]. Horns, A., (1989), Job Shop Control under Influence of Chaos Phenomena, Dip1.-Phys. TH0282-4/89/OOOC/0227\$01.000, IEEE
- [41]. Deshmukh, A. V.,(1993),Complexity And Chaos In Manufacturing Systems, ProQuest Dissertations and Theses, Purdue University, Doctoral Thesis.
- [42]. Beaumariage, T., Kempf, K., (1994), The Nature and Origin of Chaos in Manufacturing Systems, IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference, pages 169–174.
- [43]. Thiel, D., (1996), Instabilities and deterministic chaos in just in time production systems: Comparison between Neutral Networks Stimulation and Continuous Stimulation, *Proceedings of the International system dynamics conference*, 549-552
- [44]. Jayanthi, S., Sinha, K.K., (1998), Innovation implementation in high technology manufacturing: A chaos-theoretic empirical analysis, *Journal of Operations Management* 16, 471–494
- [45]. Katzorke I, Pikovsky, A., (2000), Chaos and Complexity in a Simple Model of Production Dynamics, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 5, 179-187 <http://dx.doi.org/10.1155/S1026022600000510>
- [46]. Charpentier, P., Alfaro, M., (2001), Chaos in Manufacturing Systems : Study of Different Cases, CP573, *Computing Anticipatory Systems: CASYS 2000 - Fourth International Conference*, edited by D. M. Dubois, © 2001 American Institute of Physics(AIP) Conference Proceedings Volume 573, Issue 216 <https://doi.org/10.1063/1.1388691>
- [47]. Dessert, P.E., James, S.D., (2002). Applying chaos to manufacturing process optimization. *Journal of Advanced Manufacturing Systems* 1 (2), 2001–2210. <https://doi.org/10.1142/S0219686702000118>
- [48]. Schmitz, J.P.M., Beek, D.A. van, Rooda, J.E., (2002), Chaos in Discrete Production Systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 21: 3, 236-246. [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(02\)80164-9](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(02)80164-9)
- [49]. Chryssolouris, G., Giannelos, N., Papakostas, N., Mourtzis, D., (2004), Chaos Theory in Production Scheduling, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 53: 1, 381–383 DOI 10.1109/WETICE.2008.42
- [50]. Alfaro, M.D., Sepulveda, J.M., (2006), Chaotic behavior in manufacturing systems, *Int. J. Production Economics* 101150–158 <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.05.012>
- [51]. Papakostas, N., Mourtzis, D., (2007), An Approach for Adaptability Modeling in Manufacturing – Analysis Using Chaotic Dynamics, *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 56: 1, 491–494 <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2007.05.117>
- [52]. Bachlaus, M., Tiwari, M. K., Shankar, R., (2008), Sequencing of parts on single-stage multifunctional machining systems using a chaos-embedded simulated annealing algorithm, *International Journal of Production Research*, 46:12, 3387–3413 <https://doi.org/10.1080/00207540600920876>

- [53]. Benaissa, K., Diep, D., Dolgui, A., (2008), Emergent chaotic behaviour in agent based manufacturing systems, Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 978-0-7695-3315-5/08 \$25.00 ,IEEE 24-25
- [54]. Bartholdi III, J.J., Eisenstein, D.D., Lim, Y.F., (2009), Deterministic Chaos in a Model of Discrete Manufacturing, *Naval Research Logistics (NRL)*, 56: 4, 293-299, <https://doi.org/10.1002/nav.20337>
- [55]. Zhang, H., Hu, Y.,(2011), A hybrid chaotic quantum evolutionary algorithm for resource combinatorial optimization in manufacturing grid system, *Int J Adv Manuf Technol*, 52:821–831,DOI 10.1007/s00170-010-2742-z
- [56]. Alfaro, M.D., Sepúlveda, J.M., Ulloa, J.A., (2013), Forecasting Chaotic Series in Manufacturing Systems by Vector Support Machine Regression and Neural Networks, *Int J Comput Commun*, 8:1, 8-17
- [57]. Ma J., Li, Q., (2014), The Complex Dynamics of Bertrand-Stackelberg Pricing Models in a Risk-Averse Supply Chain, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, Volume 2014, Article ID 749769, 14 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/749769>
- [58]. Ma J., Chen B., (2014), The Complexity Uncertain Analysis about Three Differences Old and New Product Pricing Oligarch Retailers Closed-Loop Supply Chain. *Hindawi Publishing Corporation Abstract and Applied Analysis*, 2014, Article ID 891624, 11 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/891624>
- [59]. Sajid, M., Almufadi, F., Jahanzaib, M., (2015), Chaotic Behavior in a Flexible Assembly Line of a Manufacturing System, *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 5: 6, 891-894 DOI: 10.5281/zenodo.35432
- [60]. Demir, B., Alptekin, N., Kılıçaslan, Y., Ergen, M., Çağlarımak Uslu, N., (2015), Forecasting Agricultural Production: A Chaotic Dynamic Approach, *World Journal of Applied Economics*, 1:1, 65-80 DOI: 10.22440/EconWorld.J.2015.1.1.BD.0007
- [61]. Ma, J., & Zhang , F. (2015). Research on the complex features about adual-channel supply chain with a faircaring retailer. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, Volume 30, Issues 1–3, January 2016, Pages 151-167 <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2015.06.009>
- [62]. Lou, W., Ma, J., and Zhan, X. (2016). Bullwhip Entropy Analysis and Chaos Control in the Supply Chain with Sales Game and Consumer Returns. China: College of Management and Economics, *Entropy* 2017, 19(2), 64; <https://doi.org/10.3390/e19020064>
- [63]. Ma, J., & Si, F. (2016), Complex Dynamics of a Continuous Bertrand Duopoly Game Model with Two-Stage Delay. China, 2016, *Entropy* 18(7):266 • July 2016 DOI: 10.3390/e18070266
- [64]. Han, Z., Ma, J., Si, F., and Ren, W. (2016). Entropy Complexity and Stability of a Nonlinear Dynamic Game Model with Two Delays. *entropy* 18(9):317 • August 2016 DOI: 10.3390/e18090317
- [65]. Ma, J., & Lou, W. (2016). Complex Characteristics of Multichannel Household Appliance Supply Chain with the Price Competition. *Complexity* Volume 2017, Article ID 4327069, 12 pages <https://doi.org/10.1155/2017/4327069>
- [66]. Ma, J., Ren, H., Yu, M., & Zhu, M. (2017). Research on the Complexity and Chaos Control about a Closed-Loop Supply Chain with Dual-Channel Recycling and Uncertain Consumer Perception. China: 1College of Management and Economics, Tianjin University.
- [67]. Nav, H. N., Makui, A., and Jahed, M. R., Motlagh. (n.d.). Modeling And Analyzing The Chaotic Behavior In Supply Chain Networks: A Control Theoretic Approach. *American Institute of mathematical sciences*, July 2018, 14(3): 1123-1141. doi: 10.3934/jimo.2018002
- [68]. Chang, J., & Zhao, L. (2013). Supply Chain with the Remanufactured Products. China: Chool of Finance and Economics, Jiangsu University
- [69]. Çağıl, G., & Açıkgöz, N. (2018). Yeni bir 4-boyutlu tedarik zinciri sisteminde hiperkaos. *Sakarya University Journal of Science*,22(2), 799-805. Retrieved April 09, 2018. DOI: 10.16984/saufenbilder.342278
- [70]. Sun, Y. , Babovic, V., Chan, E.S., (2010), Multi-step-ahead model error prediction using time-delay neural networks combined with chaos theory, *Journal of Hydrology*, 395, 109–116 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.020>
- [71]. Feichtinger, G., Hommes, C.H., Herold, W., (1994), Chaos in a Simple Deterministic Queueing System, *Mathematical Methods of Operations Research*, 40, 109-119 DOI:10.1007/BF01414032.
- [72]. Si, F., & Ma, J. (2016). Complex Dynamics of a Continuous Bertrand Duopoly Game Model with Two-Stage Delay. China: School of Management Science and Engineering, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu. DOI: 10.3390/e180702
- [73]. Ma, J., & Xie, L. (2017). The impact of loss sensitivity on a mobile phone supply chain system stability based on the chaos theory. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, Volume 55, February 2018, Pages 194-205. DOI:10.1016/j.cnsns.2017.06.030
- [74]. Ma, J., Ren, H., Yu, M., & Zhu, M. (2018). Research on the Complexity and Chaos Control about Closed-Loop Supply Chain with Dual-Channel Recycling and Uncertain Consumer Perception. China: College of Management and Economics, Tianjin University. *Complexity*, Volume 2018, Article ID 9853635, 13 pages, <https://doi.org/10.1155/2018/9853635>
- [75]. Chang, J., and Zhao, L. (2013). Complexity Analysis of Dynamic Cooperative Game Models for Supply Chain with the Remanufactured Products. China: School of Finance and Economics, *Discrete Dynamics in Nature and Society* Volume 2018, Article ID 9246934, 10 pages <https://doi.org/10.1155/2018/9246934>