

	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://www.saujs.sakarya.edu.tr		
	<u>Gelis/Received</u> 07.10.2017 <u>Kabul/Accepted</u> 14.03.2018	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.342278	

Yeni bir 4-boyutlu tedarik zinciri sisteminde hiperkaos

Gültekin Çağıl^{*1}, Neslihan Açıkgöz

ÖZ

Tedarik zinciri, müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek için hammadde tedarikinden başlayarak müşteriye ürün teslimine kadar devam eden tüm süreçlerdeki birçok faktörün etkisi altında olması bakımından karmaşık ve kaotik bir yapıya sahiptir. Kaotik tedarik zinciri, sistemi oluşturan değişkenlerin beklenmedik bazı davranışlar sergilemesi ve bu davranışların uzun süreli tahminlerinin yapılamaması anlamına gelmektedir. Literatürde farklı tedarik zinciri sistemlerinin matematiksel modelleri oluşturularak kaotik yapılarının incelendiği çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada ilk kez daha önce sunulan bir tedarik zinciri modelinin talep durum denklemine lineer kontrolör eklenmiş ve oluşturulan bu yeni tedarik zinciri sisteminin hiperkaotik davranış sergilediği görülmüştür. Elde edilen yeni 4 boyutlu hiperkaotik sistemin Matlab-Simulink programı kullanılarak sayısal analizleri yapılmış ve hiperkaotik davranışı faz portreleri ile ortaya konmuştur. Faz portresinde krank mili ya da çok katlı kelebek kanadı gibi bir şekle benzeyen kaotik bir çekici olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda tedarik zinciri sisteminde farklı davranışların meydana gelmesine neden olan yeni terimin müşteri sadakati olarak tanımlanabileceği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tedarik Zincirinde Kaos, Tedarik Zincirinde Hiperkaos

Hyperchaos in a new 4d supply chain system

ABSTRACT

The supply chain has a complex and chaotic structure in that it is under the influence of many factors in all the processes from raw material supply to customer delivery in order to meet customer needs. Chaotic supply chain means that the variables that make up the system exhibit some unexpected behaviors and can not make long-term predictions of these behaviors. In the literature, there are studies in which chaotic structures are examined by creating mathematical models of different supply chain systems. In this study, a linear controller was added to the demand state equation of a previously presented supply chain model for the first time and it is seen that this new supply chain system exhibited hyperchaotic behavior. Numerical analysis of the new 4-dimensional hyperchaotic system was examined by using Matlab-Simulink program and hyperchaotic behavior was revealed with phase-portraits. It has been observed that there is a chaotic attractor similar to a crankshaft or multi-layered butterfly wing in phase portrait. As a result of the study, it is emphasized that the new term that leads to different behaviors in the supply chain system can be defined as "customer loyalty".

Keywords: Supply Chain Chaos, Supply Chain Hyperchaos

¹ Sakarya Üniversitesi, cagil@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

1979 yılında Poincaré tarafından ilk kez ortaya atılan hiperkaotik bir sistem, kaos sisteminden daha karmaşık ve tahmin edilmesi daha zor davranışlar sergilemesi bakımından incelemeye değer bulunmuştur [1]. Günümüzde bu alanda birçok çalışma mevcut olup kaotik bir sisteme eklenen doğrusal ya da doğrusal olmayan bir kontrolör ile elde edilen 4 boyutlu sistemin çok katmanlı kaotik davranış sergilediği gözlemlenmiştir. Çalışmalar içerisinde bu yeni hiperkaotik sistemin dinamik davranışları çatalanma diyagramları, Lyapunov üstelleri, faz diyagramları kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca hiperkaosu kontrol etmek ve hiperkaotik sistemlerde hiperkaos senkronizasyonunu [2-3] sağlamak için de yapılmış çalışmalar mevcuttur.

Zheng, Dou ve arkadaşları, Di ve arkadaşları, Ding ve arkadaşları hiperkaos kontrolü için geri bildirim kontrol tekniği (feedback control) önermiştir [4-7]. Kocamaz ve arkadaşları ise kontrol ve senkronizasyonda zeki yaklaşımlar kullanmışlardır [8]. Wang ve Wang [9], Lorenz kaotik sistemine doğrusal olmayan bir kontrolör ekleyerek 4 boyutlu bir hiperkaotik Lorenz sistemi ortaya koymuş ve çatalanma diyagramları, lyapunov üstelleri ve faz diyagramlarını incelemiştir. Bir başka çalışmada yeni dört boyutlu otonom bir sistemin modeli sunulmuş ve sayısal simülasyon sonucunda hiperkaos oluşumu faz portreleri ile gösterilmiştir [10]. El-sayed ve arkadaşları [11] yeni bir 4-boyutlu hiperkaotik sistem sunmuş ve dinamik davranışlarını incelemişlerdir.

Bu çalışmanın diğerlerinden en önemli farkı kaotik bir yapıya sahip 3 boyutlu (talep, stok ve üretim miktarı) bir tedarik zinciri kaotik sistemine bir doğrusal kontrolör eklenerek oluşturulan 4 boyutlu yeni sistemin hiperkaotik davranışlar sergilediğinin ortaya konmasıdır. Tedarik zinciri sistemi yapısı itibarıyla birçok üyesi ve üyeler arasında etkileşimlerin bulunduğu karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu yapıya eklenen her bir yeni üye veya üyeler arasındaki yeni bir ilişki, çok katmanlı ve kaostan daha kompleks bir yapı olan hiperkaotik davranışlar sergilenmesine neden olabilmektedir.

Bu çalışmanın 2. ve 3. Bölüm 'ünde tedarik zinciri, kaos ve hiperkaos kavramları açıklanmıştır. Bölüm4'te mevcut bir tedarik zinciri modeli

tanıtılmış, eklenen bir kontrolör ile oluşturulan yeni hiperkaotik tedarik zinciri sistemi Bölüm5' te sunulmuştur. Bu bölümde ayrıca Matlab simülasyonu kullanılarak çizdirilen faz portrelerine de yer verilmiştir. Son bölümde ise çalışmanın sonucu paylaşılmıştır.

2. TEDARİK ZİNCİRİ (SUPPLY CHAIN)

Hammaddeden müşteriye ürün teslimine kadar tüm süreç elemanları (tedarikçiler, üreticiler, distribütörler, perakendeciler, toptancılar, müşteriler) ile ürün ve aralarındaki bilgi akışı da dahil olmak üzere tüm bu karmaşık süreç tedarik zinciri olarak tanımlanmaktadır. Literatürde tanımlanan tedarik zincirini oluşturan süreçler [12] içerisinde gerçekleştirilen tüm faaliyetlerin doğru planlanması ve birbirleriyle uyum içerisinde gerçekleştirilmesi sürecin başarısını olumlu yönde etkilemektedir. Rekabet ortamında müşteri ihtiyaçlarının en hızlı ve en doğru şekilde karşılanabilmesinin önemi yadsınamaz. İyi planlanmış ve iyi yönetilen bir tedarik zinciri sistemi ile akışların hızlanması sağlanabilmektedir.

Üründen ürüne farklılık gösterebilecek tedarik zincirinin amaçları; tedarik süresini kısaltmak, maliyeti azaltmak, müşteri tatmin düzeyini, rekabet gücünü ve karlılığı arttırmak gibi çeşitlenebilmektedir. Zincir üyesi işletmelerin işbirliği ve bilgi paylaşımı zincirin büyük, tek bir işletme olarak yönetilmesi, zincirin başarısını arttıracaktır. Örneğin müşteri istek ve ihtiyaçlarını en iyi şekilde görebilecek olan perakendecilerden alınan bilgiler ışığında imalatçılar ürünlerini ihtiyaca göre ve ihtiyaç miktarınca üretebilecek, iadelerde ve stok miktarında azalmalar görülecektir.

Tedarik zinciri yapısı ürüne veya sektöre göre farklı şekillerde oluşturulabilir. Bir üretim işletmesi için hammadde tedarikçileri, yarı mamül üreticileri, nihai ürün üreticileri, toptancılar dağıtım merkezleri, perakendeciler, müşterilerden oluşan 6 aşamalı bir tedarik zinciri sistemi olabileceği gibi; bir otel işletmesi için tedarikçi, işletme ve müşteriler şeklinde 3 aşamalı yapı da olabilmektedir. En basit hali olarak tanımlanan 3 aşamalı bu yapıya yeni, tedarikçilerin tedarikçileri, müşterilerin müşterileri gibi elemanların eklenmesi, geliştirilmiş tedarik zinciri sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi, süreç elemanlarının en iyi şekilde yönetilebilmesi için tedarik zinciri sürecinin en iyilenmesi konusu üzerinde durur. Bunu matematiksel modeller ile gerçekleştirmeye çalışan birçok çalışma mevcuttur [13].

3. KAOS VE HIPERKAOS (CHAOS AND HYPERCHAOS)

Kaos, bir sistemden doğan, periyodik olmayan, davranışın bileşenleri arasındaki etkileşimi kestirilemeyen ve başlangıç koşullarına hassas bağımlılık gösteren davranıştır [14]. 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 durumu tedarik zinciri açısından ele alan Grabinski [15], çalışmasında aşağıdaki ifadeyi kullanmıştır:

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

Literatürde Levy [16] gibi çok az sayıda çalışma küçük bir adım sonrasını tahmin etmek üzerine olsa da uzun süreli tahminlerin mümkün olmadığı açıklanmıştır.

Nonlineerlik kaosun vazgeçilmezi olsa da tedarik zinciri içerisinde nadiren bulunur. Nonlinear dinamiklerin klasik bir üretim-dağıtım sistemi probleminde nasıl uygulandığı Larsen ve diğerleri [17] tarafından incelenmiştir. Onlara göre zincirin basit yapısına rağmen insan karar vermesindeki karmaşık yapı nonlineerliğin altındaki önemli bir noktadır. Wang ve diğerleri [18], tedarik zincirinde nonlineerliğin dinamik davranışlarının çeşitli durumlara göre yüksek-düşük maliyet kategorizasyonu yapmış ve envanter sisteminde özellikle teslim süresindeki (lead time) nonlineerlik [19] üzerinde durmuştur.

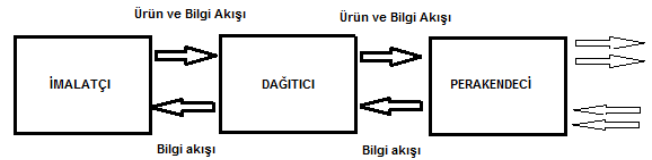
Bir sistemin periyodik, istikrarlı, yarı-periyodik veya kaotik olup olmadığını; kısacası sistemin dinamik davranışlarını inceleyebilmek için, zaman serisi grafikleri, faz uzayı grafikleri, haritalar ve güç spektrumu, lyapunov üsteli (LE), entropi, fraktal boyut, kapasite boyut ve korelasyon boyutu yaygın olarak kullanılan grafik ve nicel yöntemlere örnek olarak verilebilir [20].

Lyapunov üsteli, başlangıç koşullarına bağılıktaki hassasiyeti sayısal olarak ifade eder. Üç boyutlu bir faz uzayında en az bir pozitif lyapunov üsteline sahip sistemin kaotik davranış sergilediği söylenir. Hiperkaotik sistemlerin davranışı ve analizi, yalnızca tek bir pozitif Lyapunov üssü olan kaotik sistemlerin durumundan çok daha karmaşıktır [21]. Bunun iki sebebi vardır: birincisi hiperkaotik durum için dördüncü boyuta ihtiyaç vardır, ikincisi ise birden fazla yayılma yönünün varlığı, sistemin daha geniş bir çatı altına sahip olmasını sağlar. Aslında hiperkaos, üç boyutlu bir akış içerisindeki iki boyutun dördüncü boyut yoluyla yeniden farklı yönde (ikinci bir yönde) genişlemesi olarak tanımlanabilir.

Son zamanlarda hiperkaos üretimi araştırmacıların dikkatini çekmiştir [22]. Rössler sistemi haricinde, kaotik bir sisteme bir geribildirim denetleyicisi getirerek oluşturulan birçok sürekli hiperkaotik sistem bulunmuştur [23-28].

4. KAOTİK TEDARİK ZİNCİRİ SİSTEMİ

Tedarik zinciri yönetimi sürecini matematiksel olarak modelleyen Zhang ve arkadaşları [29] çalışmalarında, aşağıda görüldüğü şekliyle, üç denklemden oluşan bir diferansiyel denklem sistemi ile tedarik zincirinin dinamik bir modelini sunmuşlardır. Modelde üç durum değişkeni tanımlanmıştır: talep (x), stok (y) ve üretim miktarı (z). Modelin oluşturulması ile ilgili ayrıntılı bilgiler Zhang ve arkadaşları [29]'na ait çalışmadan elde edilebilir. Şekil 1'de aşağıda verilmiş diferansiyel denklem sistemi (1) 'e ait üç aşamalı tedarik zinciri sistemi verilmiştir. Bu modelin oluşturulduğu tedarik zinciri sistemi imalatçı, dağıtıcı ve perakendeciden oluşan 3 aşamalı bir yapıya sahiptir.

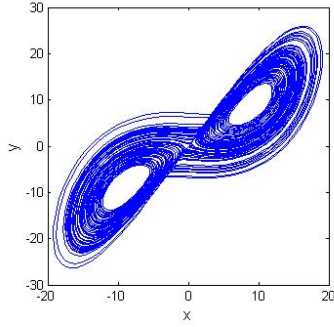


Şekil 1. 3 Aşamalı bir tedarik zinciri örneği

$$\begin{aligned} \dot{x} &= (m + \delta m)y - (n + 1 + \delta n)x + d_1 \\ \dot{y} &= (r + \delta r)x - y - xz + d_2 \\ \dot{z} &= xy + (k - 1 - \delta k)z + d_3 \end{aligned} \quad (1)$$

Zhang ve arkadaşları [29] tarafından, yukarıda verilen sistem (1) in, parametrelerine ve başlangıç şartlarına bağlı olarak kaotik davranış sergilediği

Şekil 2' deki tedarik zincirine ait kaotik çekicinin (x-y) faz portresi ile ortaya konmuştur. Faz portresi, faz uzayının iki boyutlu bir projeksiyonudur [30] ve durum değişkeninin her birinin anlık durumunu birbirine temsil eder [31].



Şekil 2. x-y faz portresi

5. HIPERKAOTİK TEDARİK ZİNCİRİ SİSTEMİ

Bu çalışmada "u" şeklinde tanımladığımız yeni bir terim birinci denkleme eklenmiş ve dört boyutlu doğrusal olmayan dinamik sistem aşağıdaki biçimde elde edilmiştir:

$$\dot{x}=(m+\delta m)y-(n+1+\delta n)x+d_1+u$$

$$\dot{y}=(r+\delta r)x-y-xz+d_2 \quad (2)$$

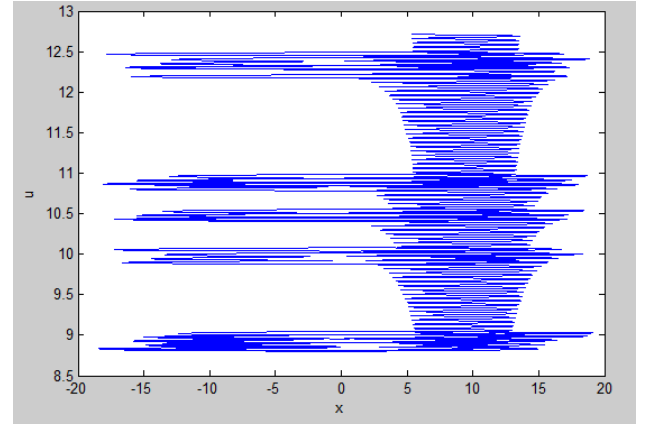
$$\dot{z}=xy+(k-1-\delta k)z+d_3$$

$$\dot{u}=sx$$

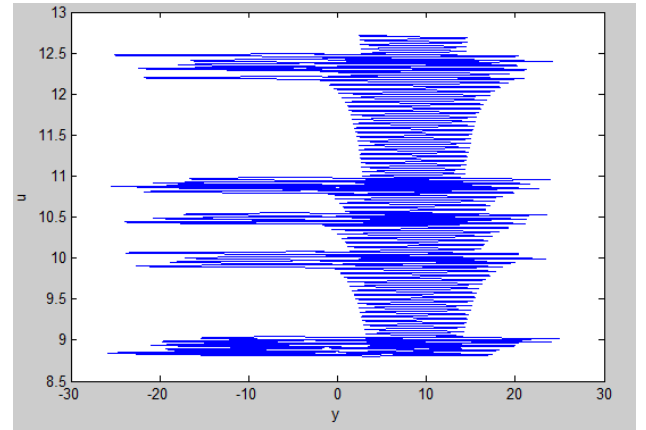
burada "s" yeni bir sabit değerdir.

Kaotik sistem (1) den farklı olarak geliştirilen yeni modelde x,y ve z e ait başlangıç değerleri sırasıyla 0,-0.11 ve 9 şeklinde alınmakla birlikte yeni eklenen değişkenin başlangıç değeri $u(0)=9$ ve $s=0.01$ alındığında sistemin hiperkaotik davranış sergilediği; diğer bir deyişle çok katmanlı bir kaotik yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Hiperkaotik tedarik zinciri sistemine ait 2 boyutlu (x-u), (y-u), (z-u) ile 3 boyutlu (x,y,u) faz portresi sırasıyla Şekil 3'te gösterilmektedir. Şekillerde de görüldüğü gibi u değişkeninin eklenmesiyle tedarik zinciri sistemi çok katmanlı kaotik bir davranış sergilemektedir.

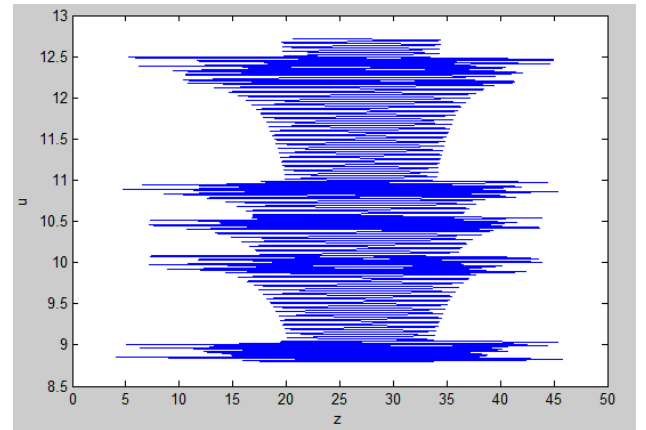
Şekil 4' de ise hiperkaotik tedarik zinciri sisteminin değişkenlerine ait zaman serileri verilmiştir. Yeni eklenen terim "u" ya (müşteri sadakatine) ait zaman serisi grafiği (Şekil 4-d), denklemin doğrusal bir denklem özelliğinde olması sebebi artış eğiliminde olduğu görülmektedir.



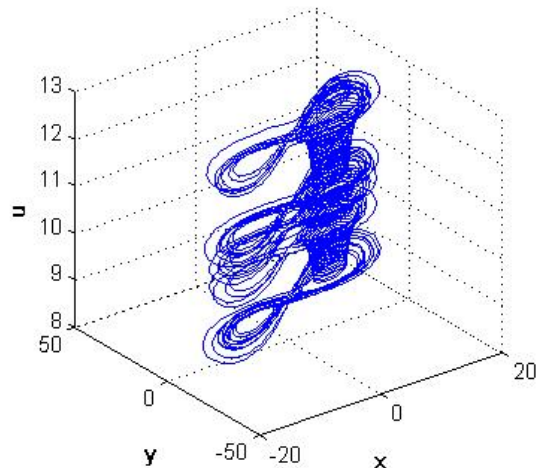
Şekil 3(a). Sistem (2) ye ait (x-u) faz portresi



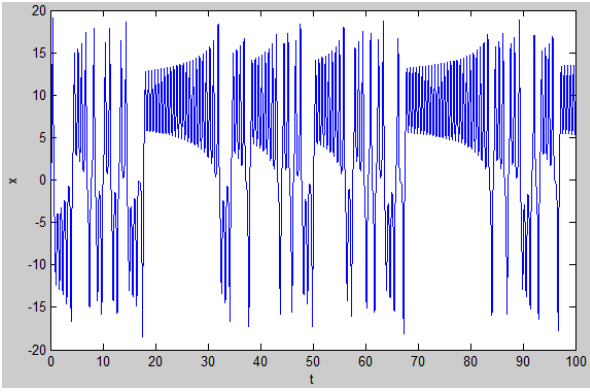
Şekil 3(b). Sistem (2) ye ait (y-u) faz portresi



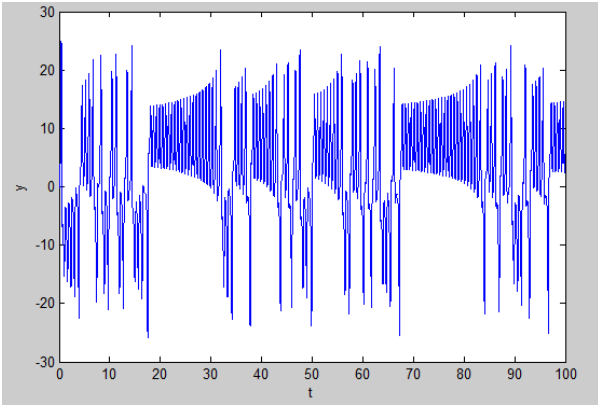
Şekil 3(c). Sistem (2) ye ait (z-u) faz portresi



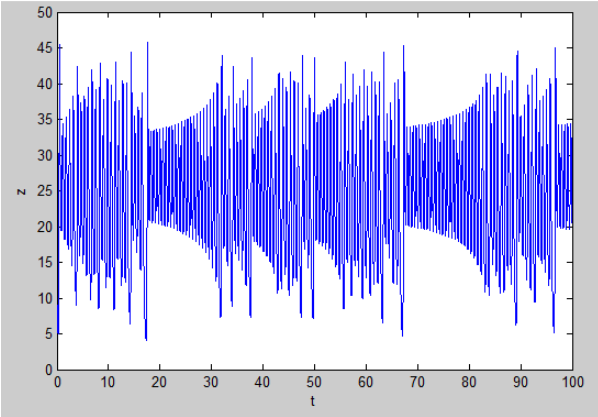
Şekil 3(d). 3 boyutlu (x,y,u) hiperkaotik faz portresi.



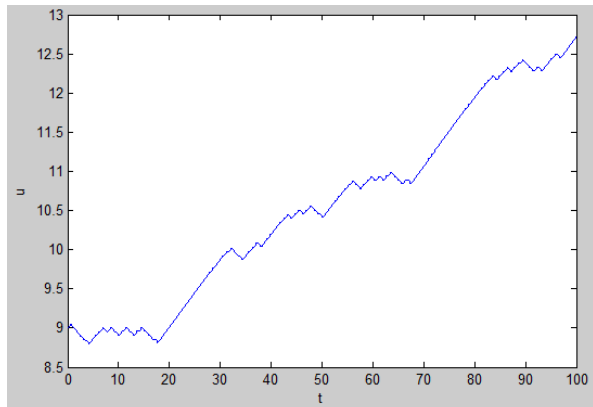
Şekil 4(a). Hiperkaotik tedarik zinciri sisteminde x değişkenine ait zaman serisi



Şekil 4(b). Hiperkaotik tedarik zinciri sisteminde y değişkenine ait zaman serisi

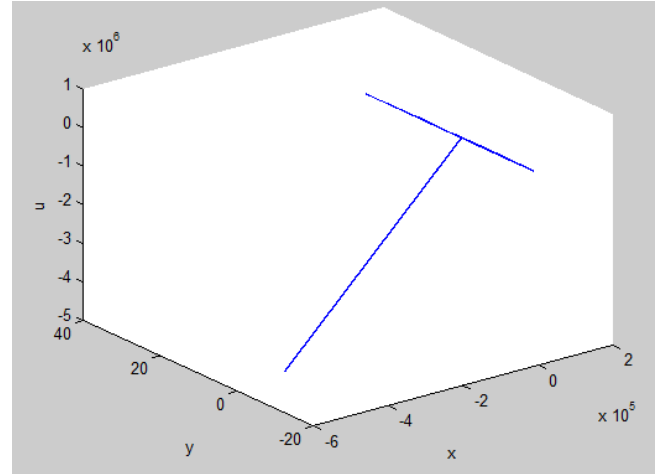


Şekil 4(c). Hiperkaotik tedarik zinciri sisteminde z değişkenine ait zaman serisi

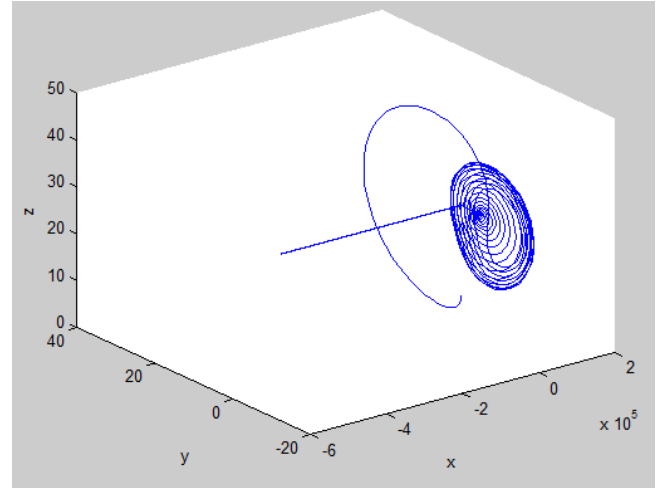


Şekil 4(d). Hiperkaotik tedarik zinciri sisteminde u değişkenine ait zaman serisi

$s > 1.2$ değerleri için sistemin hiperkaotik davranışa geçerek kararlı duruma doğru yaklaştığı Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5(a). $S=1.2$ için 3 boyutlu (x,y,u) faz portresi



Şekil 5(b). $S=1.2$ için 3 boyutlu (x,y,z) faz portresi

6. SONUÇ (RESULTS)

Bu makale, hiperkaotik tedarik zinciri sisteminin ilk çalışmalarından biri olmakla birlikte, dördüncü parametre $s=0.01$ alındığında, tedarik zinciri sisteminin hiperkaotik davranış sergilediği gözlemlenmiştir. Üç boyutlu hiperkaotik çekicinin faz uzayı portreleri Matlab simülasyonu kullanılarak elde edilmiştir.

Tedarik zinciri sisteminde özellikle talep denkleminde eklenen bu yeni terim, sisteme çok katmanlı kaotik davranış sergilemesi bakımından önemli görülmüştür. 1. denkleminde u 'nun denkleme eklenme biçimi dikkate alınır, yeni eklenen " u " teriminin artışından talebin etkilendiği görülecektir. Zaman serisi grafiğinde (Şekil 4(d)) de görüldüğü gibi bu etki talep ile pozitif yönde olması bakımından u değişkeni "müşteri sadakati" olarak tanımlanmıştır. Müşteri sadakati, talebi etkileyen önemli bir faktör olmakla birlikte

belirlenemez ve öngörülemez özelliği bakımından sistemde kaotik davranışların sergilenmesinde payı olacağı düşünülmektedir. Bu düşünceyi de faz portresi ile hiperkaotik davranışın gösterildiği Şekil 3(d) desteklemektedir.

Müşteri sadakatinin artması, kaotik yapının azalmasını ve sistemin kararlı duruma yaklaşmasını sağlamaktadır.

REFERENCES

A sample references list is given below;

- [1] O.E. Röessler, "An equation for hyperchaos," *Physics Letters A*, vol. 71, no. 2–3, pp. 155–156, 1979.
- [2] X. Wang, J. Song, "Synchronization of the fractional order hyperchaos Lorenz systems with activation feedback control", *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat*, vol. 14, pp. 3351–3357, 2009.
- [3] W. Xingyuan, W. Yaşın, "Adaptive generalized synchronization of hyperchaos systems", *International Journal of Modern Physics B*, vol. 25, no. 32, pp. 4563–4571, 2011.
- [4] J. A, Zheng, "Simple universal adaptive feedback controller for chaos and hyperchaos control", *Computers and Mathematics with Applications*, vol. 61, no. 8, pp. 2000–2004, 2011.
- [5] F. Dou, J. Sun, W. Duan, K. Lu, "Controlling hyperchaos in the new hyperchaotic system", *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, vol. 14, no. 2, pp. 552–559, 2009.
- [6] C. Di, X. Yang, D. Huang, "A new water resources supply-demand system and its hyperchaos control", *Procedia Engineering*, vol. 15, pp. 734 – 738, 2011.
- [7] J. Ding, W. Yang, H. Yao, "A New Modified Hyperchaotic Finance System and its Control", *International Journal of Nonlinear Science*, vol. 8, no. 1, pp. 59-66, 2009.
- [8] U.E.Kocamaz, H.Taşkın, Y.Uyaroğlu, A.Göksu "Control and synchronization of chaotic supply chains using intelligent approaches" *Computers & Industrial Engineering*, vol. 102, pp. 476-487, 2016.
- [9] X. Wang, M. Wang, "A hyperchaos generated from Lorenz system," *Physica A*, vol. 387, no. 14, pp. 3751–3758, 2008.
- [10] W. Wu, Z. Chen, Z. Yuan, "The evolution of a novel four-dimensional autonomous system: Among 3-torus, limit cycle, 2-torus, chaos and hyperchaos", *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 39, no. 5, pp. 2340–2356, 2009.
- [11] A.M.A. El-Sayed, H.M. Nour, A. Elsaid, A.E. Matouk, A. Elsonbaty, "Circuit realization, bifurcations, chaos and hyperchaos in a new 4D system", *Applied Mathematics and Computation*, vol. 239, pp. 333–345, 2014.
- [12] K.L.Croxtan, S.J. Dastugue-Garcia, D.M. Lambert, et All, "The Supply Chain Management Process", *The International Journal of Logistics Management*, vol. 12, no. 2, pp. 13-35, 2001.
- [13] L.W. Snyder, Z. Atan, P. Peng, Y. Rong A.J. Schmitte, B. Sinsoysal, "OR/MS models for supply chain disruptions: a review", *IIE Transactions*, vol. 48, no. 2, pp. 89-109, 2016.
- [14] H. Singh, A. Singh, "Principles of Complexity and Chaos Theory in Project Execution: A New Approach to Management", *Cost Engineering*, vol. 44, no. 12, pp. 23-33, 2002.
- [15] M. Grabinski, "Chaos – Limitation Or Even End Of Supply Chain Management", *High Speed Flow of Material, Information and Capital*, İstanbul, 2008.
- [16] D. Levy, "Chaos Theory And Strategy: Theory, Application, And Managerial Implications", *Strategic Management Journal*, vol. 15, pp. 167-178, 1994.
- [17] E.R. Larsen, J.D.V. Morecroft, J.S. Thomsen, "Complex behaviour in a production-distribution model", *European Journal of Operational Research*, vol. 119, pp. 61-74, 1999.
- [18] X.Wang, S.M. Disney, J. Wang, "Stability analysis of constrained inventory systems with transportation delay", *European Journal of Operational Research*, vol. 223, no. 1, pp. 86 - 95, 2012.
- [19] X. Wang, S.M. Disney, J. Wang, "Exploring the oscillatory dynamics of a forbidden

- returns inventory system", *International Journal of Production Economics*, vol. 147, pp. 3-12, 2014.
- [20] R. C. Hilborn, "Chaos and nonlinear dynamics: an introduction for scientists and engineers". *New York: Oxford University Press*, 1994.
- [21] R. Barri, M.A. Martínez, S. Serrano, D. Wilczak, "When chaos meets hyperchaos: 4D Rössler model", *Physics Letters A*, vol. 379, no. 38, pp.2300-2305, 2015.
- [22] W. Wu, Z. Chen, "Hopf bifurcation and intermittent transition to hyperchaos in a novel strong four-dimensional hyperchaotic system", *Nonlinear Dyn*, vol. 60, pp. 615–630, 2010.
- [23] D. Cafagna, G. Grassi, "New 3D-scroll attractors in hyperchaotic Chua's circuits forming a ring", *Int. J. Bifurc. Chaos*, vol. 13, pp. 2889–2903, 2003.
- [24] Y.X. Li, G.R. Chen, W.K.S. Tang, "Controlling a unified chaotic system to hyperchaotic", *IEEE Trans. Circuits Syst. II*, vol. 52, pp. 204–207, 2005.
- [25] Z.Q. Chen, Y. Yang, G.Y. Qi, Z.Z. Yuan, "A novel hyperchaos system only with one equilibrium", *Phys. Lett. A*, vol. 360, pp. 696–701, 2007.
- [26] T.G. Gao, G.R. Chen, Z.Q. Chen, S.J. Cang, "The generation and circuit implementation of a new hyperchaos based upon Lorenz system", *Phys. Lett. A*, vol. 361, pp. 78–86, 2007.
- [27] G.Y. Qi, M.A. Van Wyk, B.J. Van Wyk, G.R. Chen, "On a new hyperchaotic system", *Phys. Lett. A*, vol. 372, pp. 124–136, 2008.
- [28] J.Z. Wang, Z.Q. Chen, Z.Z. Yuan, "The generation of a hyperchaotic system based on a three-dimensional autonomous chaotic system", *Chin. Phys.*, vol. 15, pp. 1216–1225, 2006.
- [29] L. Zhang, Y.-J.Li, Y.-Q. Xu, "Chaos synchronization of bullwhip effect in a supply chain," *ICMSE '06, International Conference on Management Science and Engineering*, pp. 557–560, 2006.
- [30] K. Giannakopoulos, T.Deliyannis, J. Hadjidemetriou, "Means for Detecting Chaos and Hyperchaos in Nonlinear Electronic Circuits", *DSP*, vol. 2, pp. 951-954, 2002.
- [31] A.B. Özer, E. Akın, " Tools For Detecing Chaos", *SAÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* vol. 9, no. 1, 2005.