

	<b>SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ</b> <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	<b>e-ISSN: 2147-835X</b> <b>Dergi sayfası: <a href="http://www.saujs.sakarya.edu.tr">http://www.saujs.sakarya.edu.tr</a></b>		
	<u>Gelis/Received</u> 15.08.2016 <u>Kabul/Accepted</u> 21.11.2016	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.416658	

## Bir tekstil firmasında satış tahminleri üzerinden emniyet stoğu gün sayısının sistem dinamiği yaklaşımıyla belirlenmesi

İbrahim Çil<sup>1\*</sup> Ebru Karaduman<sup>2</sup>, Kübra Nur Özçetin<sup>2</sup> ve Mümtaz İpek<sup>2</sup>

### ÖZ

Karmaşık bir sistemin çözümlenebilmesi nedensel döngü diyagramları kurularak veya sistemin dinamikleri araştırılıp incelenerek mümkün olmaktadır. Günümüzde teknolojinin de gelişmesiyle birlikte firmaların kar elde edebilmeleri için mevcut sistemlerine çok iyi hakim olup üretim planlamalarını çok iyi bir şekilde yaparak müşteri memnuniyetini en üst düzeyde tutmalarına ihtiyaçları vardır. Firmalar ancak bu şekilde rekabet ortamında ayakta durabileceklerdir. Bu çalışmada yapılan satış miktarları üzerinden nasıl bir emniyet stoğu politikası belirlenmesi gerektiği, bu sistemin ne gibi dinamiklerden etkilendiğinin tespitleri yapılmış ve öngörülerde bulunulmuştur. Bir tekstil firması için nedensel döngü diyagramı geliştirilmiştir. Bu firmanın emniyet stoğu bekleme süresini sistem dinamiği yaklaşımıyla simüle ederek stok politikası ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Emniyet stok gün sayısı, Sistem dinamiği, Nedensel döngü diyagramı, Stella.

## Determination of safety stock day number with system dynamic approach over forecasts sales for a textile company

### ABSTRACT

A complex system is allow to able to be resolved by establishing a causal loop diagrams or explored by examining the dynamics of the system. Today, along with the development of technology, companies is also very good to be able to profit from the current system dominated, by the production planning very well, they need to keep customer satisfaction at the highest level. Companies will be able to stand in this way, but in a competitive environment. In this study, it is required to determine how a safety stock policy on sales volumes made, it has been made in the detections and predictions about this system affected by which dynamics. Causal loop diagram is developed for a textile company. This company's safety stock waiting time is simulated with the system dynamics approach, inventory policy has been put forward.

**Keywords:** Safety stock day number, System dynamics, Causal loop diagram, Stella.

<sup>1</sup> Prof.Dr.İbrahim Çil

\* Corresponding Author

<sup>2</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, icil@sakarya.edu.tr

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bir ülkenin ekonomisi o ülkenin gelişmişlik düzeyini göstermektedir. Ekonominin büyümesi ve gelişmesi üretim sonucu elde edilen gelir ile doğru orantılıdır. Üretim planlarının doğru yapılması ile firmaların gelir düzeyleri artmaktadır. Günümüzde ürünleri tek seferde doğru üretebilmek kadar doğru arz piyasasında doğru satışları yapmakta önemlidir. Klasik üretim mantığına sahip çoğu firma sadece üretim yapmaya odaklıdır. Her türlü durumda ürünlerini satabileceğini düşünmektedir. Ancak globalleşen dünya ile birlikte teknolojinin ilerleyip üretici firmalar arasında rekabetin artmasıyla üretilen ürünlere pazar oluşturmak üretim yapabilmek kadar büyük amaç haline gelmiştir. Bu yüzden iyi bir üreticiyi destekleyecek en büyük unsurlardan biri de satış pazarlamasıdır. Firmaların satış pazarlama departmanları ne kadar kuvvetli başarılı ise satış miktarları da o kadar fazla demektir. Diğer bir taraftan sadece ürünü iyi pazarlamak yetmez. İyi bir üretim gerçekleştirmesi ve gerçekçi bir stok politikası belirlemesi gerekmektedir [1]. Bir pazarlamacı üretim sistemine güvendiği kadar müşteri taleplerine cevap verebilir.

Ürünler sistemden belirlenen standart sürelerde çıkarılamıyorsa sistemde iyileştirilmesi gereken noktalar var demektir. Böyle bir durumda pazarlamacı ürünü satmış olsa dahi termin sürelerinden kaynaklı veya kalitesizlikten kaynaklı sorunlar yaşanıyorsa sistemin güvenli olmadığı ve müşteri memnuniyetsizliklerinin yaşanacağı görülmektedir [2].

Doğru stok politikasının belirlenmesiyle üretim planları en optimal şekilde yapılacaktır. Böylece yanlış stok politikaları uygulanmayacak ve gereksiz yere stokta mamul bekletilip firmanın maliyetleri arttırılmayacaktır. Müşteri talepleri de düzgün olarak karşılanacaktır. Dolayısıyla firmaların önceliği olan müşteri memnuniyeti sağlanmış ve gereksiz stok maliyetlerine katlanılmamış olacaktır.

Bu çalışmada yapılan satış miktarlarından hareketle nasıl bir emniyet stoğu politikası belirlenmesi gerektiği araştırılmaktadır. Ayrıca sistemin ne gibi dinamiklerden etkilendiği tespiti yapılarak sistem dinamiği yaklaşımıyla öngörülerde bulunulacaktır. Bu amaçla bir tekstil firması için dinamik sistem modelleme yöntemiyle bir nedensel döngü diyagramı geliştirilerek, bu

firmanın emniyet stoğu bekleme süresini simüle ederek firma için bir stok politikası ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda çalışmanın geri kalan kısmında aşağıdaki konular üzerinde durulacaktır.

Bu çalışmada öncelikle stok politikasının belirlenmesi ve sistem dinamiği yaklaşımıyla ilgili bir literatür araştırması yapılacaktır. Daha sonra sistem kavramı, dinamik sistem modelleme aracı olarak sistem dinamiği yaklaşımı konuları üzerinde durulacak. Akabinde stok ve stok politikaları açıklandıktan sonra Nedensel Döngü Diyagramı ve Stella yazılımı ele alınacaktır. Ardından gerçekleştirilen bir uygulama ayrıntılı olarak sunulacaktır. Bu kapsamda uygulamanın kapsamı, belirlenen problem, dinamik sistem modellemesi ve benzetim sonunda elde edilen deneysel bulgular ele alınacaktır. Sonuçların değerlendirilmesi ve yapılacak yeni çalışma önerileri çalışma bitirilecektir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

Stok yönetimi en uygun stok miktarını belirleme ve stokların kontrol edilme faaliyetlerini kapsar [3], [4]. Öncelikle etkin bir stok yönetimi firmalara tedarik süresinden maliyetlere kadar yüksek performans sağlar. Stok yönetimi diğer sektörlerde olduğu gibi tekstil sektöründe de oldukça önemli bir yer tutar [5]. Tekstil sektörünün dinamik yapısı gözönüne alındığında, stokların yönetiminde sistem dinamiği yaklaşımı önemli potansiyel katkılara sahiptir [6]. Literatür bakıldığında bu doğrultuda oldukça çok sayılabilecek çalışma yapılmıştır.

Sistem dinamiği konusunda çok sayıda çalışma yapılmış olmasına karşılık, ihtiyaçtan dolayı her geçen gün konuya karşı büyük bir ilgi ve potansiyelin olduğu görülmektedir. Modern anlamda tedarik zincirinin belli noktalarında oluşan stokların yönetiminde birçok alanda yaygın olarak kullanılan sistem dinamiği yaklaşımı, tekstil sektöründe sınırlı sayıda çalışmada kullanılmıştır [7]. Bu durum gözönüne alındığında yapılan bu çalışma sektör itibariyle literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır.

Sistem dinamiği endüstriyel sistemlerin araştırılması amacıyla ilk olarak J.W. Forrester tarafından MIT de 1950'lerin sonlarında geliştirilmiş güçlü bir metodolojidir [8]. Sistem dinamiği yöntemi gücünü sistem teorisi,

organizasyon teorisi, kontrol teorisi, karar teorisi, bilişim, sibernetik ve askeri oyunlardan almaktadır. Yöntem model geliştirmede standart nedensel döngü diyagramlarını kullanmaktadır ve bu diyagramlar problemin dinamik hipotezini oluştururlar [9]. Sistem dinamiği yaklaşımında amaç eniyileme olmayıp, değişimler karşısında sistem davranışını incelemek ve bu davranışları düzenleyecek stratejileri belirleyerek karar vermeye yardımcı olmaktır [10], [11].

Geçen zaman içerisinde sistem dinamiği çok geniş problem alanlarına uygulanmıştır. Bu kapsamda belli başlı çalışma alanlarının başında; Stratejik planlama ve politika geliştirme [12], [13], [14], kamu yönetimi ve siyaset bilimi [15], sağlık sistemlerinin modellenmesi [16], enerji ve çevre [17], doğal ve sosyal bilimlerde teori geliştirme [18], ve tedarik zinciri yönetimi [19] gelmektedir.

Stok yönetimi çoğunlukla dinamik ortamlarda gerçekleştirilir ve sistem dinamiği de dinamik sistemlerin modellenmesi ve analizinde kullanılan temel bir yaklaşımdır. Bundan dolayı sipariş miktarlarının periyodik hesaplanması, yeniden sipariş verme noktaları, emniyet stok seviyelerini belirleme ve politikaları gözden geçirme zorlukları içeren durumlardır. Karar vericiler bahsedilen tüm bu durumları doğru şekilde takip edip kontrol etmek ve gerekli müdahalelerde bulunmak zorundadırlar Bu tür sistemlerin yönetilmesi, takip edilmesi gerekli müdahalelerin yapılmasında sistem dinamiği yaklaşımından daha elverişli bir yaklaşım yoktur [20], [21]. Bu nedenle stok yönetimini de kapsayan tedarik zinciri yönetimi sistem dinamiği yaklaşımının en çok kullanıldığı bir alandır [22], [23], [24]. Sistem dinamiği kaldıraç gücü yüksek politikalar belirleyerek sistemin bu politikalara karşı politik direncin etkisinden kaçınma amacıyla olduğu için nedensel döngü diyagramı sistemin içyapısını, geri bildirimleri, zaman içerisindeki sistemin davranış örüntülerini temsil etmede önemli bir rol üstlenir. Stok yönetimi dinamik yapısı ve diğer işletme fonksiyonlarıyla olan karmaşık ilişkileri nedeniyle, etkin stok politikaları geliştirme zor bir iştir. Zwickler, stok ve üretim planlamada sistem dinamiği yaklaşımının temel yapısını tanımlayarak geliştirilen iki modelle stok yönetiminde etkin bir yöntem olduğunu göstermiştir [25].

Tedarik zincirinin değişik noktalarında oluşan stokların yönetiminde sistem dinamiğinin kullanılması bir duraklamadan sonra tekrar araştırmacıların ilgi alanı olmuştur. Tedarik zinciri yönetiminde sistem dinamiği modellenmesi daha

çok stok kararları, politika geliştirme ve tedarik zinciri ağı tasarımı konularında yoğunlaşmaktadır [26]. İlk olarak Jay Forrester 1961 de tedarik zinciri içerisinde tekrar sipariş verme ve stok yenileme faaliyetlerinin analizini yapmıştır. Bu çalışmanın temelini oluşturan emniyet stoklarının sebep olduğu kamçı etkisi de yine ilk kez Forrester tarafından açıklanmıştır. Kamçı etkisi tedarik zincirinde, müşteri ihtiyaçlarının maksimum seviyelere ulaştığı durumların stoklarda yaratacağı büyük dalgalanmaları ifade eder [27]. Kamçı etkisini araştırmak amacıyla sistem dinamiği yaklaşımı kullanılarak çok sayıda araştırma yapılmıştır [28], [29]. Sistemdeki gecikmeler ve salınım davranışının etkisi yine araştırmacıların üzerinde çalıştığı temel bir konu olmuştur. Yasarcan ve Barlas, stok yönetim sistemlerinde gecikmeleri ele alan genel bir kural olmadığından hareketle, stok yönetim problemleri için birleşik gecikmeleri de kapsayan genelleştirilmiş bir stok kontrol formülü üzerine çalışma yapmışlardır [30]. Çalışmanın sonunda uygulamadaki sorunların üstesinden gelmek için stok türlerinin avantaj ve dezavantajları ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

### 3. SİSTEM KAVRAMI (SYSTEM DESCRIPTION)

Belirlenen sınırlar içerisinde parçalar ve bu parçalar arasında ilişki kurulabilen herhangi bir şeye sistem denilmektedir. Sistemin tanımındaki en önemli unsur 'ilişki' kavramıdır. Örneğin; yönetim sistemi, ekosistem, vücut sistemi vb. Karmaşık sistemler ise gecikme ve geri beslemelerden dolayı ilişkilerin doğrusal olmadığı sistemlere denir.

Karmaşık sistemlere yatırımın gerçekleşme süresi, işe yeni alınan birinin eğitilmesi, ürün kalitesi ile ilgili bilgi sahibi kişinin bu bilgiyi diğer kişilere aktarıp diğer kişilerin ise başka kişilere aktarması örnek verilebilir. Karmaşık bir sistemin davranışını anlayabilmek oldukça zordur. Bunun için o sistem hakkında model kurabilmek gerekir. Bu model kurulumu kişiden kişiye değişeceği için sonuçlar denenebilir, doğrulanabilir ve tartışılabilir bir model olacaktır. Fakat bu model zihinsel bir model değil de matematiksel bir model olmalıdır [31], [32]. Model bilgisayar yardımıyla arayüz kullanılarak yapılabilir. Kullanılan benzetim programı yardımıyla modelin davranışı sayısal verileri kullanarak raporlanabilir.

#### 4. SİSTEM DİNAMİKLERİ (SYSTEM DYNAMICS)

Sistem dinamiği, karmaşık sistemleri anlamayı ve istenen yönde değiştirilmesini sağlayan politikalar geliştirmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Sistem davranışını etkileyen geri besleme ve gecikmeli tepkiler ile ilgilenir. Sistem dinamiğine ilişkin ifadeler ilk defa 1940-1950 yılları arasında ortaya atılmıştır. Günümüze kadar birçok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda daha çok sosyal konular ele alınmıştır.

Sistem dinamiği ile birçok alanda çalışılabilir. Bunlar; sistem yönetimi, endüstri dinamiği, çevre bilimi, doğal kaynaklar, enerji, insan kaynakları, toplum bilimi, yerleşim ve taşıma, finans, kent dinamiği, ekonomik kalkınma, dünya dinamiği olabilir.

Sterman'a göre Sistem dinamiği yaklaşımı dört temel özellik üzerinde odaklanmıştır. Bunlardan ilki, bütün dinamik davranışların, akışlar ile bunların toplandığı stoklarla temsil edilebilmesidir [33]. Örneğin bir su havuzu sisteminde, havuz stok, havuzu dolduran veya boşaltan musluklar akıştır. İkinci temel özellik, sistemdeki stok ve akışların geribesleme döngüleri içinde olmasıdır. Geribesleme, sebep-sonuç ilişkilerinin ilk çıktığı kaynağa geri dönmesidir. Üçüncü temel özelliğe göre herhangi bir sistemdeki sebep-sonuç ilişkileri, doğrusal olmayan biçimlerde birleşir. Yani, sistemin stokları hakkındaki geri besleme ilişkileri, stokları kendileriyle doğru orantılı olmayan şekilde etkiler. Son temel özellik ise, sistemin doğasında olan ve birbiriyle etkileşim içindeki akışlar, geribesleme döngülerinin ve doğrusal olmayan ilişkilerin oluşturduğu ağı dinamik davranışının analitik olarak çözülememesidir. Bu nedenle karmaşık sistemlerin dinamik davranışını ortaya çıkarmak için bilgisayar simülasyonu zorunludur [34], [35]. Genel olarak sistem dinamiğinin iki amacı vardır. Bunlardan birincisi; sistem yapısı ve politikaları açısından sistemin yapısını açıklamaktır. İkincisi ise; yapıda, politikada veya her ikisinde de değişimler önererek sistemin performansında iyileşmeler sağlamaktır.

#### 5. STOK KAVRAMI (STOCK DESCRIPTION)

Stok, gelecek talepleri karşılamak için biriktirilen mal veya bir üretim sisteminde ürüne doğrudan veya dolaysız olarak katılan özellikler ile ürüne

verilen isimdir. Stoğun sürekli ve etkin kontrolü firmalar için oldukça önemlidir. Firmalar her ne kadar stok seviyesini düşük tutmak istese de bazen firmaların ekonomisi açısından bu durum mümkün olmayabilir. Fakat stoklu olarak çalışmak termin süresinin kısılmasını sağlar. Bu durum müşteri memnuniyetinin sağlanması anlamına gelir.

Üretim yapan her firma kendi iş alanına göre bir stok politikası belirlemelidir. Yanlış yapılan stok politikaları firmaları küçümsemeyecek derecede zarara uğratar [36]. Uygun stok politikası ile üretim planlanır ve birbiriyle ilişkili olan maliyetler en düşük düzeyde tutulur.

#### 5.1. Stok Gün Sayısının Belirlenmesi (Stock Day Number Determination)

İşletmelerin sistemlerinin göstergelerle ifade edilmesi son derece önemli bir husustur. Bu göstergeler işletmeler hakkında önemli ipuçları verirler. Bunlardan en önemlileri stok devir hızı ve stok gün sayısıdır.

$$Stok\_Devir\_Hızı = \frac{Satılan\_Malın\_Maliyeti}{(DönemBaşStok + DönemSonuStok) / 2} \quad (1)$$

Stok devir hızı, stoklarının bir yıl boyunca kaç kez satılıp, yerine yenisinin konulduğunu ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle satış cirosu olarak adlandırılabilir. Stok devir hızı yüksek ise genellikle düşük giderler ile çalışılmakta ve yüksek oranda net kar sağlanmaktadır. Firmalar stok devir hızlarını hep yüksek değerde tutmayı hedeflerler. Formülasyonu aşağıdaki gibidir;

Stok Gün Sayısı, mevcut stoğun ne kadar daha yeteceğini gösterir. Satış değerleri üzerinden stokların karşılanıp karşılanamayacağını veya stok fazlasını gösterir. Formülasyonu aşağıdaki gibidir;

$$Stok\_Gün\_Sayısı = \frac{365(gün)}{Stok\_Devir\_Hızı} \quad (2)$$

#### 6. NEDENSEL DÖNGÜ DİYAGRAMI VE STELLA YAZILIMI (CAUSAL LOOP DIAGRAM AND STELLA SOFTWARE)

Nedensel Döngü diyagramlarının temelinde nedensellik vardır. Değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini anlamak ve modellemek esastır.

Nedensellik, neden sonuç ilişkileri üzerinde düşünmeyi esas almaktadır. Nedensel ilişkide, örneğin  $y = f(x)$  de girdi değişkeni  $x$ 'in, çıktı değişkeni  $y$  üzerinde bir etkisinin olduğunu ifade eder. Nedensel Döngü Diyagramları, dinamik bir sistemin etkileşimlerini ve sistemin elemanlarının karşılıklı ilişkilerini anlamayı kolaylaştıran bir araçtır. Sistemin yapısının davranışını nasıl ürettiğini gösterir. Bu diyagramlarda neden sonuç olur, sonuçta neden olur. Döngü boyunca değişen neden-sonuç ilişkilerini inceler.

Diyagram, basit veya karmaşık sistemin belirli bir bölümünü açıklar. Sistemde bir değişken seçilir ve zaman boyunca o sistemin davranışı incelenir. Nedensel Döngü Diyagramları üç bölümden oluşur:

1. Neden-Sonuç ilişkileri ile ilişkilendirilmiş değişkenler (ör: stok bekleme süresi)
2. Hangi elemanın hangi elemanı etkilediğini gösteren oklar  $\longrightarrow$
3. Okların yanında, ilişkinin yönünü gösteren semboller (+), (-)

Değişkenler: sistemin içerisinde bulunduğu bir durumda hem etkileyen ve hem de etkilenen bir elemandır. Değişkenler bir olay değildir, zamanla artar yada azalır. Eylem ifade eden kelimelerle ifade edilmezler.

Oklar: İki değişken arasındaki yön ve etkiyi gösterirler. Okların üzerindeki pozitif (+) ve negatif (-) işareti değişkenlerin birinin diğeri üzerindeki etkisini gösterir. Etki ile tepki ikisi de aynı yönde artma yada azalma gösteriyorsa pozitif olarak işaretlenmektedir. Etki artarken tepki azalıyorsa yada etki azalırken tepki artıyorsa negatif olarak işaretlenmektedir.

Değişkenler arasındaki (+) ve (-) neden-sonuç ilişkisi iki durumdan oluşmaktadır.

$A \xrightarrow{+} B$ , A' da ki bir değişim, diğer faktörler aynı kalmak suretiyle B' de aynı yönde bir değişime sebep olmaktadır.

$A \xrightarrow{-} B$ , A' da ki bir değişim B' de ters yönde bir değişime neden olur.

STELLA ise kullanımı kolay ve sezgisel bir modelleme programıdır. STELLA'da model oluşturma kısmında 4 adet araç kullanılmıştır [37]. Bunlar;

Stok (stock): STELLA'nın en önemli bloğudur. Modelde birikimli değişkenlerin gösterilmesini

ifade eder. Örnek olarak, suyun birikimi, nüfus, uyuşturucu bağımlılığı, kadına şiddet verilebilir.

Akış (flow): Bir yönü olan, birim zamanda stoğa giriş ve çıkışı gösteren bir bloktur. Yani akış değişim miktarı veya değişim hızını gösterir. Sistem herhangi bir durumda durdurulduğunda birikmiş olan elemanları gösteren stoktur. Akış ise durdurulan zamanda sıfır değerini alabilen bir model aracıdır. Akış stoğu artırır veya azaltır. Akış sabit bir değer alamaz.

Dönüştürücü (conventor): Akışı yöneten bir bloktur. Modeli daha anlaşılır yapması için, bütün bilgileri akışta toplamak yerine dönüştürücüler sayesinde daha ayrıntılı ve işe yarar bilgiler tanımlanabilir. Sabit değerleri saklamak için de kullanılır.

Bağlayıcı (connector): Akışlar ve dönüştürücüler arasındaki bilgi aktarımını sağlar.

## 7. UYGULAMA (APPLICATIONS)

### 7.1. Problemin Tanımı (Problem Description)

Bir tekstil firması mevcut durumda satış tahminleri üzerinden o ay ki miktarı ürettikten sonra bir sonraki ayın satış tahmin miktarı üzerinden, makine kapasitesi ne kadar boşsa o kadar üretim gerçekleştirmektedir. Yani bir sonraki ay için stokta tutulacak emniyet stoğu miktarını o ay ki boş makine kapasitesi belirlemektedir. Böylece emniyet stoğunun bekleme süresi her ay için değişiklik göstermekte ve firma fazla stok maliyetine katlanmak zorunda kalmaktadır. Bu çalışmada bir ürün için bir yıllık satış miktarları dikkate alınarak üreteceği emniyet stoğu miktarının en az maliyetle kaç gün için olacağı tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

### 7.2. Geliştirilen Nedensel Döngü Diyagramı (Developed Causal Loop Diagram)

Nedensellik, olayların ve olguların birbirlerine bağlı olması veya her şeyin bir nedene bağlı olarak açıklanabilmesidir.

Karmaşık bir sistemin nedenleri ve sonuçları nedensel döngü diyagramı sayesinde görülebilir. Tespit edilen problemlerle ilgili karar verilmeden önce sistem içindeki tüm neden sonuç ilişkilerinin tespit edilmesi sistemin anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Neden sonuç ilişkileri tespit edilen sistemler üzerinden gelişim veya değişim politikaları oluşturmak daha verimli sonuçlar elde

edilmesini sağlar. Çünkü değişken veya karar mekanizması değiştiğinde hangi değişkenlerin veya karar mekanizmalarının etkilenebileceği tespit edilebilir hale gelmiştir. Yapılan çalışmada tekstil firmasının mevcut karmaşık sistemine ait nedensel döngü diyagramı Şekil 2'deki gibidir;

Çizilen bu diyagram ile firmaya ait müşteri talepleri, yapılan satış tahminleri, üretim miktarları, ürünlerin stokta bekleme süreleri, stokta satılmayı bekleyen üretim miktarları ve karşılanması gereken müşteri taleplerinin birbirleriyle olan dolaysız etkileşimleri incelenmiştir. Hepsinin birbirleriyle olan neden-sonuç ilişkileri gösterilmiştir.

Nedensel döngü diyagramı çizilen bu sistemin bir bölümü STELLA simülasyon paket programıyla modellenerek stok hareketleri incelenmiş ve fabrikanın hedeflediği stok politikasına uygun stok bekleme süresi belirlenmiştir.

### 7.3. Stok Gün Sayısının Belirlenmesi (Stock Day Number Determination)

Stok gün sayısını belirleme yöntemi bilgileri doğrultusunda çalışma yapılan tekstil firmasının Stok Gün Sayısı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Öncelikle geçmiş yılın satış değerleri toplanmış ve maliyet hesaplaması yapılmıştır.

Yıllık toplam satış değeri 78441 metre olarak tespit edilmiştir. Ürünün bir metresinin maliyeti 7 TL'dir. Böylelikle satılan malın maliyeti 549.087 TL olmaktadır. Dönem başı stoğu = 2896 metre, Dönem sonu stoğu = 4094 metredir. Stoğun elde bulundurma maliyeti metre başına 3 TL'dir. Tüm bu veriler stok devir hızı formülasyonuna konulduğunda;

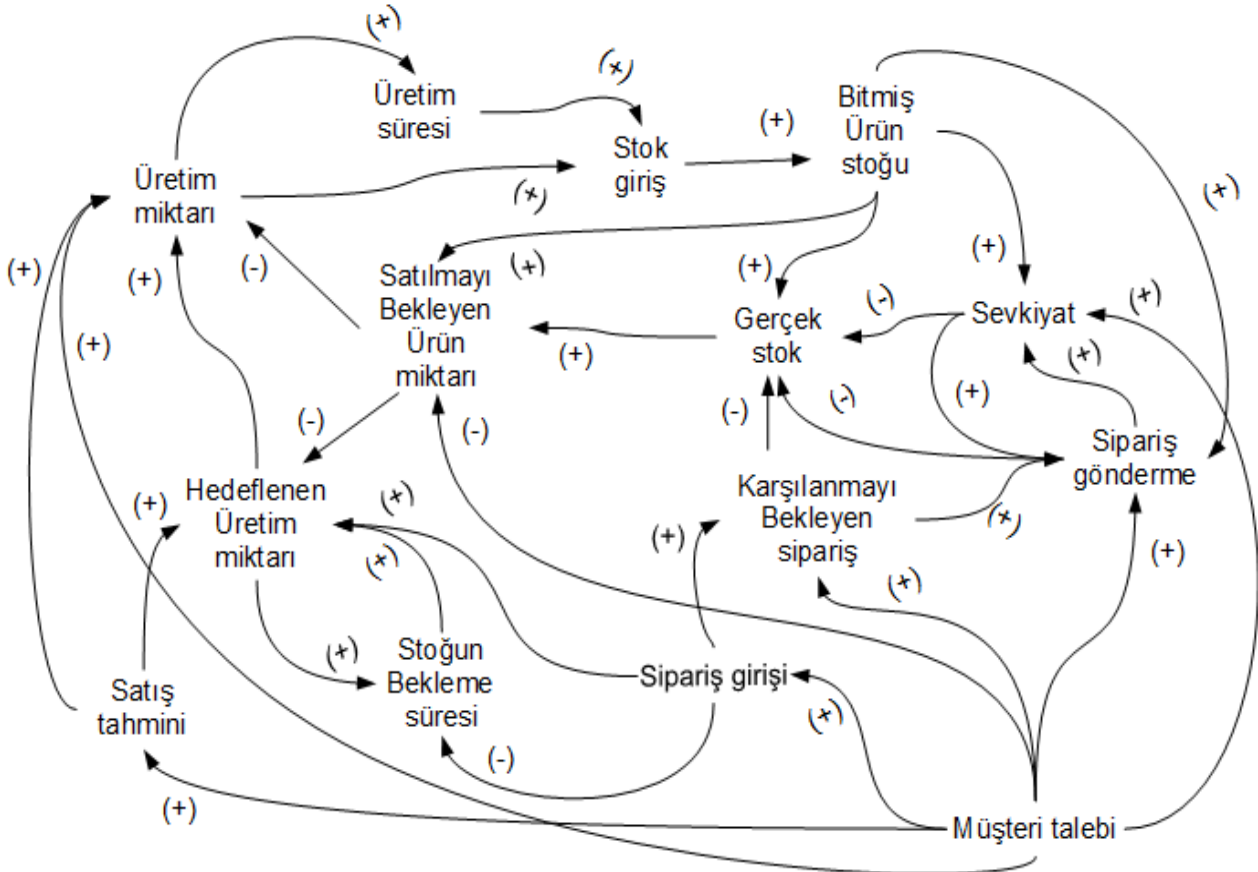
$$Stok\_Devir\_Hızı = \frac{78441 * 7}{(2896 + 4094) * 3 / 2} = 52,37 \quad (3)$$

Değeri bulunur. Bu durumda stok gün sayısı;

$$Stok\_Gün\_Sayısı = \frac{365}{52,37} = 6,97 \approx 7 \text{ gün} \quad (4)$$

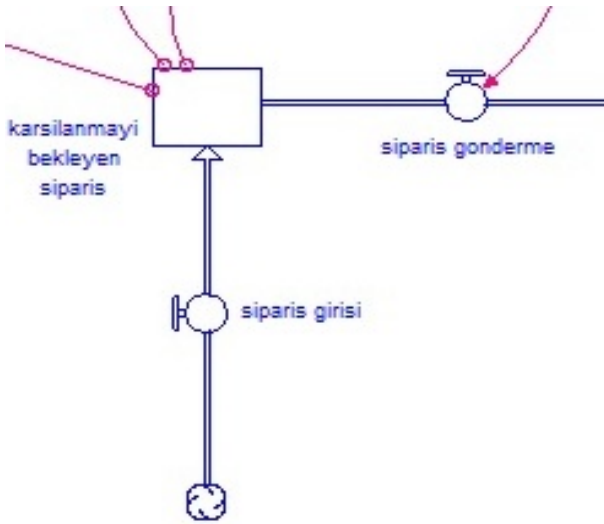
### 7.4. Sistem Dinamiği Modellemesi (System Dynamic Modeling)

Stella simülasyon programı ile firmanın problemi modellenip, sistem dinamiği yaklaşımıyla incelenmiştir. Belirlediğimiz ürün için kurulan model ve açıklamaları aşağıdaki gibidir:



Şekil 2. Nedensel döngü diyagramı (Casual loop diagram)

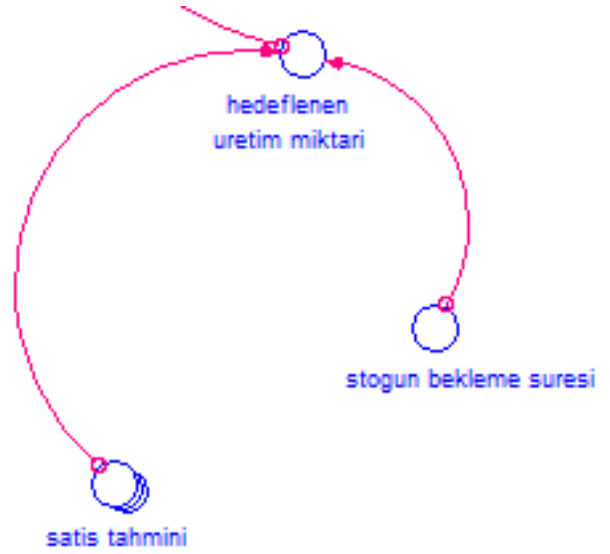
- Firma bütün planlarını aylık olarak yaptığı için simülasyon zamanı olarak da ay baz alınmıştır. Stellada zaman birimi delta time ile gösterilmektedir.
- Model sipariş girişi ile başlamaktadır (Şekil 3). Modele girilen talepler sipariş girişine aktarılır, oradan karşılanmayı bekleyen siparişler stoğuna atılarak müşteriye gönderimi yapılır. Müşteri talebine talep miktarları normal dağılıma göre yazılmıştır.



Şekil 3. Modeldeki Müşteri Taleplerinin Gerçekleştiği Bölüm (At model customer demands taken placed part)

- Satış tahminleri, converterin içine her ay için 2014 yılının aylık değerleri olarak yazılmıştır (Şekil 4).
- Stok bekleme süresi ile modelde farklı gün sayıları girişleri denemesiyle en düşük stok gün sayısı elde edilmeye çalışılmıştır.
- Hedeflenen üretim miktarı firmanın ayda 26 gün çalıştığı göz önünde bulundurularak IF döngüsü bir formül ile belirlenmiştir.
- Bitmiş ürün stoğu ilk anda hiç stok yokmuş gibi kabul edilerek başlangıç değeri 0 (sıfır) alınmıştır.
- Satılmayı bekleyen ürün miktarı, bitmiş ürün stoğunda bekleyecek olan stokları ifade etmektedir. Satılmayı bekleyen ürün miktarı; bitmiş ürün stoğu ile karşılanmayı bekleyen siparişin farkına eşittir.
- Gerçek stok, satılmayı bekleyen stok negatif değere düşmeyeceğinden oluşan negatif değerlerin takibini yapabilmemiz için

oluşturulan converterdir. Modelde bu stoğun ay sonlarında negatif değerler almaması için çalışma yapılmıştır. Böylelikle en düşük stok bekleme süresi belirlenmiştir.

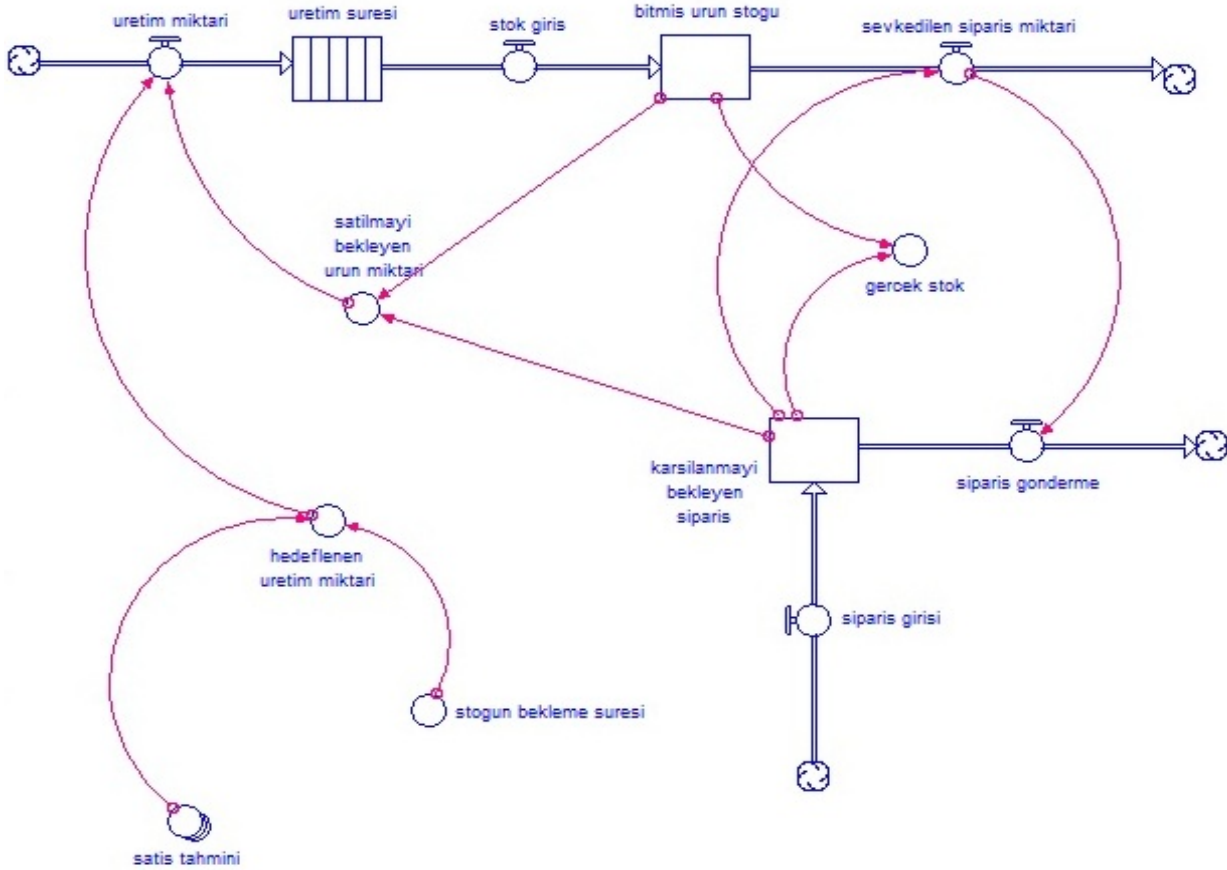


Şekil 4. Modeldeki Satış Tahminlerinin Belirlendiği Bölüm (At model sales forecasts determined part)

- Üretim miktarı, modelde yazılan formül ile oluşturulan hedeflenen üretim miktarı ve satılmayı bekleyen ürün miktarının farkına eşit olan değeri almaktadır. Böylece stokta bulunan ürünler hedeflenen üretim miktarından düşülerek asıl üretilmesi gereken değer elde edilmiş olur.
- Üretim süresi, üretim için geçen süreyi ifade eder. Bu değer bulunurken şu yöntem kullanılmıştır. Seçilen ürünün üretilme süresi 3 gündür, firma ayda 26 gün çalışmaktadır. Böylece üretim süresi  $3/26 = 0.115$  ay olarak belirlenmiştir. Modelin

Stellada geliştirilen genel bir görünümü Şekil 5'de verilmektedir. Modelde geçmiş 12 aylık olarak tanımlanan satış değerlerine göre üretim miktarının belirlenmesi, her ay için gelen müşteri talepleri doğrultusunda, taleplerin müşteriye sevkiyatı, üretilen ürünlerin stokta saklanması, karşılanmayı bekleyen sipariş stokları, satılmayı bekleyen ürün miktarı ve gerçek stok gibi kavramlar ele alınarak bir tekstil firmasındaki sistem simüle edilmiştir (Şekil 6).

. Çil ve di . /Bir tekstil firmasında satış tahminleri  
üzerinden emniyet stoğu gün sayısının sistem dinamiği yaklaşımlarıyla belirlenmesi

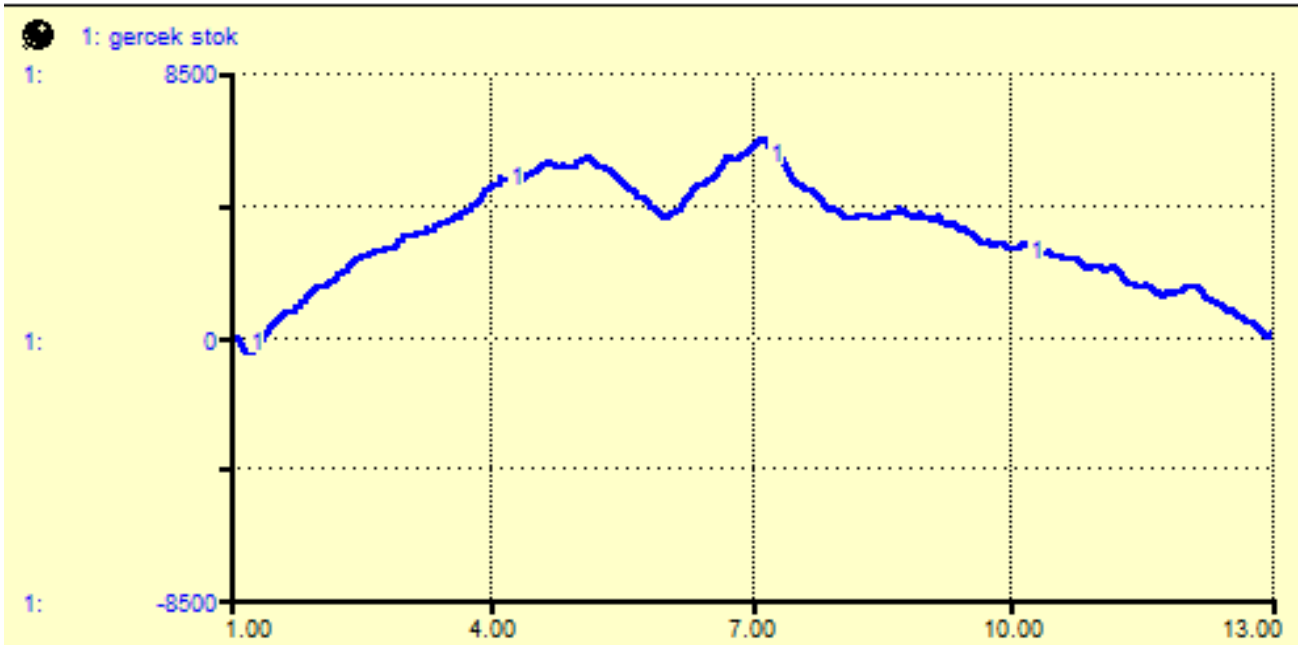


Şekil 5. Modelin Genel Görünümü (Overview of the model)

Months	gerçek stok	satılmayı bek	sevkedilen sı	siparis girişi	bitmiş ürün s	stok girişi	karsılanmayı	siparis gonde
Jan: Initial	0.00	0.00			0.00		0.00	
Jan	1.639.45	1.639.45	3.488.15	7.296.46	5.246.61	7.263.68	3.607.16	3.488.15
Feb	3.314.15	3.314.15	4.757.32	5.966.89	8.109.27	6.483.56	4.795.12	4.757.32
Mar	4.980.93	4.980.93	4.898.37	3.759.29	9.843.71	6.093.65	4.862.78	4.898.37
Apr	5.792.91	5.792.91	5.470.15	4.323.32	11.227.22	6.519.69	5.434.31	5.470.15
May	3.929.11	3.929.11	5.815.55	2.741.44	9.648.59	4.565.08	5.719.48	5.815.55
Jun	6.234.56	6.234.56	5.351.79	5.997.93	11.606.54	6.834.29	5.371.98	5.351.79
July	3.941.72	3.941.72	5.614.29	8.677.94	9.651.75	4.344.46	5.710.03	5.614.29
Aug	3.849.36	3.849.36	5.181.23	6.302.05	9.065.61	4.873.27	5.216.25	5.181.23
Sep	2.878.14	2.878.14	5.277.86	3.698.06	8.106.63	4.581.15	5.228.49	5.277.86
Oct	2.298.19	2.298.19	4.887.30	3.835.34	7.152.62	4.343.27	4.854.42	4.887.30
Nov	1.637.39	1.637.39	5.290.18	2.369.14	6.836.29	5.372.32	5.198.89	5.290.18
Dec	130.19	130.19	5.466.03	3.388.26	5.531.30	4.524.68	5.401.10	5.466.03

Şekil 6. 9 günlük stok bekleme süresine göre aylık sipariş girişi, karşılanmayı bekleyen sipariş, sevkedilen sipariş miktarı ve gerçek stok değerleri (According to the 9 daily stock of standby time, monthly order entry, pending orders, the amount of shipped orders and actual stock)





Şekil 7. Sevkedilen sipariş miktarı ve sipariş girişinin aylara göre grafiği (The amount of shipped orders and order entry's graph by month)

Modelde müşteri taleplerinin yapılan incelemeler sonucu normal dağılıma uyabileceği düşünülmüştür. Simülasyon çalıştırılırken makine arızalanma süreleri, otonom bakım süreleri ve başlangıç ve dönem sonu stoklarının olmadığı varsayılmıştır. Farklı stok gün sayıları için model çalıştırılıp, minimum emniyet stoğu gün sayısı aylık oluşan taleplerin yine ay içinde karşılanması gerçekleştirilerek, bir sonraki ayın talebi için kaç günlük ürün miktarını bir önceki ayda üretmesi gerektiği belirlenmiştir. Ürümüz için bu değer 9 gün olarak bulunmuştur. Farklı deneme sonucunda en iyi elde edilen stok gün sayısı için incelenen ürünün sonuçları Şekil 7’de görüldüğü gibidir.

## 8. SONUÇ (CONCLUSION)

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte firmalar artık geleneksel üretim yöntemlerinden vazgeçerek rekabet ortamından silinmemek için kendilerini geliştirici faaliyetler yapmaktadırlar. Geçmişte taleplerin çok fazla olduğu dönemlerde talebi karşılayacak arz değerleri yeterli değildi. Ürünlerin piyasa fiyatlarını bu nedenden dolayı firma sahipleri belirlemekteydi. Talep çok fazla olduğu için üretilen ürünlerin kalitesi de bir önem teşkil etmemekteydi. Firmalar her şekilde ürünlerinin satışlarını karlı bir biçimde gerçekleştirebilmekteydi. Fakat günümüzde ürünlerin fiyatlarını arzların artmasından dolayı piyasa belirlemektedir.

Bu yüzden firmalar üretim maliyetlerini azaltmazlarsa karlılıklarını arttıramamaktadırlar. Tüketici toplumun bilinçlenip seçici olmasıyla birlikte müşteri memnuniyetleri de firmalar için ayakta kalmalarını sağlayacak en büyük etkenlerden biri olmaktadır.

Firmalar müşteri memnuniyetlerini artırıcı, üretim maliyetlerini düşürücü çalışmalar yaparak piyasadaki varlıklarını korumaya çalışmaktadırlar. Bunun için kalite standartlarını yükseltip, imalat ortamlarını güvenilir hale getirerek ve en başta stok olmak üzere ihtiyaç fazlalarına para bağlamayarak ayakta durmaya çalışmaktadırlar. Üretilen ürünün satılması ve ihtiyaç fazlasının üretilmemesi yani fazla stok bulundurulmaması tüm işletmeler tarafından günümüzde bir amaç olarak belirlenmiştir.

Sistem dinamiği yıllardır araştırma yapılan temel bir konu olmasına rağmen, daha çok nüfus dinamikleri ve makroekonomik konular üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu makalede gerçekleştirilen çalışma ile günümüzün stok yönetimiyle ilgili var olan işletme sorunlarına çözüm sağlamada hem uygulama alanına yönelik hem de literatüre önemli katkı sağlanacaktır.

Bu çalışmada bir tekstil firmasının ürettiği bir ürünü için stok politikasının nasıl olduğunun analizi yapılmıştır. Öncelikle nedensel döngü diyagramıyla mevcut sistemi incelenmiştir. Firmanın on iki aylık geçmiş verilerinden

yararlanılarak sistem dinamiği modellenmesi STELLA programıyla mevcut durum simüle edilmiştir. Buradaki amaç, talepleri en iyi şekilde karşılayıp gerçek stok miktarlarını ay sonlarında negatife düşürmeden; yani aylık gelen talepleri yine o ay içinde karşılayacak şekilde, bir sonraki ay için üretilecek emniyet stoğunun gün sayısını belirlemek ve sevkiyatı gerçekleştirilen ürün miktarlarını kontrol altında tutabilmektir. Özetle 2014 yılında gerçekleşen satış miktarları üzerinden bir sonraki ayın talebini zamanında karşılayabilmek için üretilecek emniyet stok gün sayısının ne kadar olacağı öngörülme çalışılmaktadır. Stok devir hızı formülasyonu ile mevcut durumun emniyet stok gün sayısı belirlenmiştir. Yapılan matematiksel hesaplamalar sonucu stok gün sayısının 7 gün olduğu tespit edilmiştir. Ardından model farklı emniyet stok gün sayıları temel alınarak çalıştırılmış ve gerçek stok değerleri incelenmiştir. Gerçek stok değerleri incelenirken aylık müşteri taleplerinin yine o ay içinde karşılanması kural olarak belirlenmiştir. Bu değişimin takibi de gerçek stok değerinin ay sonlarında negatife düşmemesiyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda emniyet stoğu bekleme gün sayısının 9 gün olduğuna karar verilmiştir. Böylece firma incelenen ürün için bir sonraki ayın satış miktarının 9 günlük ihtiyacını bir önceki ayda ürettiği zaman stokta bekleme süresini minimum sağlayacak şekilde üretim gerçekleştirebilecektir. Firma stoğunda fazla miktarda ürün bulundurmamaya gereksiz stok maliyetlerine katlanmamış olacaktır. Bu çalışmada önceki dönemlerde gerçekleşen satış verilerine dayalı olarak tahmin yapılmakta ve bu doğrultuda öngörüler yapılmaktadır. Bu yönüyle bu bir kısıt olabilir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlardan hareketle yapılacak çalışmalarda, çekme sistemine dayalı, doğrudan müşteri talebi doğrultusunda üretim durumunda stok bekleme gün sayısını daha kısa sürelerde sağlayacak dinamik benzetim çalışması yapılarak stok yönetimine bir katkı sağlanabilir. Ayrıca Benzer yönetim sorunları diğer sektörler için geçerli olduğu için diğer sektörler içinde benzer çalışmalar yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] P. Zipkin, *Foundations of Inventory Management*, USA: McGraw-Hill. Max Taylor, 2000.
- [2] I. Cil ve Y. S. Turkan, «An ANP - based assessment model for lean enterprise transformation,» *International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, cilt 64, no. 1, pp. 1113-1130, 2013.
- [3] M. Feng, C. Li, S. McVay ve H. Skaife, «"Does ineffective internal control over financial reporting affect a firm's operations? Evidence from firms' inventory management.",» *The Accounting Review*, cilt 90, no. 2, pp. 529-557., 2014.
- [4] S. BinSyed, N. N. Mohamad, N. A. Rahman ve R. D. Suhaimi, «A Study on Relationship between Inventory Management and Company Performance: A Case Study of Textile Chain Store,» *Journal of Advanced Management Science*, cilt 4, no. 4, pp. 1-2, 2016.
- [5] K. Mulinski ve W. Sachs, «Virtual supply chains and their enemies: from static object architecture to dynamic regulation,» *Supply Chain Forum: An International Journal*, cilt 10, no. 1, pp. 62-76, 2009.
- [6] Z. Verwater-Lukszo ve T. Christina, «System Dynamics modeling to improve complex inventory management in a batch-wise plant,» %1 içinde *Proceedings of the 15th European Symposium on Computer-Aided Process Engineering*, Barcelona, Spain, 2005.
- [7] M. Shafi, «Management of inventories in textile industry: A cross country research review,» *Singaporean Journal of Business Economies and Management Studies*, vol. 2, no. 7, pp. 2014., cilt 2, no. 7, pp. -, 2014.
- [8] J. W. Forrester, *Industrial dynamics*, Cambridge: MIT Press, 1961.
- [9] J. Sterman, *Business Dynamics: systems thinking and modeling a complex world*, Worldwide: McGraw-Hill, 2000.
- [10] F. Campuzano ve J. Mula, *Supply Chain Simulation: A System Dynamics Approach for Improving Performance*, London : Springer-Verlag Limited, 2011.
- [11] E. Diehl ve J. Sterman, «Effects of feedback complexity on dynamic decision making,» *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, cilt 62, no. 2, p. 198–215, 1995.
- [12] B. Snabe ve A. Größler, «System dynamics modelling for strategy implementation-case study and issues,» *Systems Research and*

- Behavioral Science*, cilt 23, no. 4, p. 467–481, 2006.,
- [13] E. Suryani, S. Y. Chou, R. Hartono ve C. H. Chen, «Demand scenario analysis and planned capacity expansion: A system dynamics framework,» *Simulation Modelling Practice and Theory*, cilt 18, no. 6, p. 732–751, 2010.
- [14] N. M. Rashid, F. Ngalawa ve I. Cil, «Comparative Study of Logistic Industry of Tanzania and Turkey,» *International Journal of Operations and Logistics Management*, cilt 5, no. 2, pp. 74-82, 2016.
- [15] J. B. Homer ve C. L. StClair, «A Model of HIV Transmission through Needle Sharing. A model useful in analyzing public policies, such as a needle cleaning campaign,» *Interfaces*, cilt 21, no. 3, pp. 26-29, 1991.
- [16] G. Hirsch, J. Homer, E. Evans ve A. Zielinski, «A System Dynamics Model for Planning Cardiovascular Disease Interventions,» *American Journal of Public Health*, cilt 100, no. 4, p. 616–622, 2010.
- [17] K. Vogstad, «Combining System Dynamics and Experimental Economics to Analyse the Design of Tradable Green Certificates,» %1 içinde *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, Hawaii* , 2005.
- [18] M. Dill, «Capital Investment Cycles: A System Dynamics Modelling Approach to Social Theory Developmen,» %1 içinde *15th International System Dynamics Conference: Systems Approach to Learning and Education into the 21st Century*, Istanbul, Turkey,, 1997.
- [19] D. Towill, «Industrial dynamics modelling of supply chains,» *Logistics Information Managment*, cilt 9, no. 4, pp. 43-56, 1996.
- [20] H. T. Lee ve J. C. Wu, «A study on inventory replenishment policies in a two-echelon supply chain system,» *Computer & Industrial Engineering*, cilt 51, no. -, pp. 257-263, 2006.
- [21] H. I. Demir, O. Uygun, I. Cil, M. Ipek ve M. Sari, «Process planning and scheduling with SLK due-date assignment where earliness, tardiness and due-dates are punished,» *Journal of Industrial and Intelligent Information* , cilt 3, no. 3, pp. -, 2015.
- [22] M. Schwaninger ve P. Vrhovec, «Supply System Dynamics: Distributed Control in Supply Chains and Networks,» *Cybernetics and Systems*, cilt 37, no. 5, p. 375–415, 2006.
- [23] I. Cil, O. Kurtcu, H. I. Demir, F. Yener, Y. S. Turkan, M. Unver ve R. Evren, «Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Determination of Supply Chain Performance Evaluation Criteria,» *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index, Industrial and Manufacturing Engineering*, 11(9), 1281, cilt 11, no. 9, pp. 1281-, 2017.
- [24] İ. Çil, «Bilgi Tabanlı İmalat Karar Destek Sistemleri ve Bir Uygulama,» *Endüstri Mühendisliği*, cilt 1, no. 1, pp. 15-27, 2002.
- [25] E. Zwicker, «System Dynamics in Inventory and Production Planning An Introduction and Critical Overview,» *OR Spektrum*, cilt 1, no. 143, pp. -, 1980.
- [26] I. Cil, N. O. Erdil, T. Kılıc ve B. Kosar, «Lean Logistic Network Design And Analysis With Anylogic,» %1 içinde *XIV. International Logistics And Supply Chain Congress*, Izmir, 2016.
- [27] R. Abbou, C. Moussaoui ve J. J. Loiseau, «Effects of inventory control on bullwhip in logistic systems under demand and lead time uncertainties,» *IFAC-PapersOnLine*, cilt 48, no. 3, pp. 266-271, 2015.
- [28] H. Dai, J. Li, N. Yan ve W. Zhou, «Bullwhip effect and supply chain costs with low-and high-quality information on inventory shrinkage.,» *European Journal of Operational Research* , cilt 250, no. 2, pp. 457-469, 2016.
- [29] K. Jeong ve B, Analysis of bullwhip effect using the systems dynamics simulation, Houston: University of Houston and South Carolina State University,, 2015, pp. 1-9.
- [30] H. Yasarcan ve Y. Barlas, «A generalized stock control formulation for stock management problems involving composite delays and secondary stocks,» *System dynamics review* , cilt 21, no. 1, p. 3, 2005.
- [31] İ. Çil ve S. Yalçın, «Yalın Üretimin Bankacılık Sektörüne Uyarlanması ve Bir Benzetim Çalışması,» *Sakarya University Journal of Science*, cilt 22, no. 2, pp. 624-638, 2018.

- [32] I. Cil, «Internet-based CDSS for modern manufacturing processes selection and justification,» *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, cilt 20, no. 3, pp. 177-190.
- [33] J. D. Sterman, J. W. Forrester, A. K. Graham ve P. M. Senge, «An Integrated Approach to the Economic Long Wave. Paper read at Long Waves, Depression, Innovation,» -, Siena-Florence, Italy, 1983.
- [34] Y. Barlas, *System Dynamics: Systemic Feedback Modeling for Policy Analysis in Knowledge for Sustainable Development*, Paris: Oxford,, 2002.
- [35] T. Çakar ve I. Cil, «Artificial neural networks for design of manufacturing systems and selection of priority rules,» *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*,, cilt 17, no. 3, p. 195–211, 2004.
- [36] I. Cil ve R. Evren, «Linking of manufacturing strategy, market requirements and manufacturing attributes in technology choice: an expert system approach,» *The engineering economist*, cilt 43, no. 3, pp. 183-202, 1998.
- [37] «Stella Software,,» Çevrimiçi Available: [http://www.iseesystems.com/software/Ed ucation/StellaSoftware.aspx,,](http://www.iseesystems.com/software/Education/StellaSoftware.aspx,,) -, 2017.