

ISSN: 1305-7820



İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ

15.
yıl

Özel Sayısı

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Yıl: 15 Sayı: 29 Bahar 2016
Istanbul Commerce University
Journal of Science

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
ISTANBUL COMMERCE UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE

Yıl: 15 Sayı: 29 Bahar 2016 15. Yıl Özel Sayı

Sahibi

İstanbul Ticaret Üniversitesi Adına, Rektör Prof. Dr. Nazım EKREN

Yayın Kurulu

Prof. Dr. İbrahim BAZ	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Prof. Dr. Muammer KALYON	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Prof. Dr. Doğan KAYA	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Prof. Dr. Hüner ŞENCAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Doç. Dr. Necip ŞİMŞEK	İstanbul Ticaret Üniversitesi

Editör

Doç. Dr. Necip ŞİMŞEK İstanbul Ticaret Üniversitesi

Yayın Sekreteri

Uzm. Öğr. Gör. Fatma Nur AKI

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Selma DEMİREL

Hakemli bir dergi olan İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, yılda iki kez; bahar ve güz aylarında yayımlanır. Dergimizde Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca dillerinde yazılmış temel ve uygulamalı bilim dallarında yapılmış özgün araştırma makaleleri, derleme yazıları ve kısa bildiriye yer verilmektedir.

Bu dergide yayımlanan makalelerin telif hakları İstanbul Ticaret Üniversitesi'ne aittir. Bu yayımlarla ilgili olarak Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndan doğan her türlü hak saklıdır. Tanıtım için yapılacak alıntılar dışında üniversitenin yazılı izni olmadan çoğaltılamaz. Bu dergide yayımlanan makalelerdeki görüşler yazarlarına aittir. Üniversite bu görüşler nedeniyle herhangi bir sorumluluk kabul etmez.

Adres

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi
Küçükyağ E-5 Kavşağı İnönü Cad. No: 4
Küçükyağ 34840 İstanbul
Tel: 0 216 444 0 413 (3141)
e-posta: fendergi@ticaret.edu.tr

Tasarım: Medya Atölyesi

Baskı: Modernist Creative Design

Tel: 0216 550 59 48

Baskı Tarihi: Nisan/2016

Yayın Türü: Bölgesel Süreli

ISSN: 1305-7820

ÖNSÖZ

İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi'nin ilk sayısı Mayıs 2002 tarihinde yayınlanmıştır. Daha sonraki yıllarda ise Sosyal Bilimler Dergisi ve Fen Bilimleri Dergisi olarak ayrı ayrı yayınlanmaya devam etmiştir. Bu 29. Sayı 15. Yıl Özel Sayısıdır.

Üniversite yüksek düzeyde eğitim-öğretim, bilimsel araştırma ve yayın yapan yükseköğretim kurumudur. Bu nedenle, üniversite dergileri önemli akademik faaliyetlerden biridir, üniversitenin kimliğinin de önemli parçasının oluşturmaktadır. Üniversite dergileri, akademik personelin lisansüstü programlarda öğretim gören öğrencilerin bilimsel araştırmalarını ve çalışmalarını yükseköğretim sektörü, iş dünyası ve toplumla paylaşmalarına imkan sağlayan dokümandır.

Dergiler, akademik ve uygulamalı bilgi birikimi ve tecrübenin zamanla nasıl geliştiğini de göstermektedir. Küresel ölçekte bilimsel araştırma ve yayın yapma hedefimiz, dergilerimizin yayın politikalarını şekillendirmektedir.

2016 yılı Üniversitemizin 15. Kuruluş yıldönümüdür. Üniversitemizin kuruluş ve gelişmesinde emeği geçenlere, üniversitemiz dergilerine yayınları ile katkıda bulunanlara şükranlarımı sunuyorum. Yayın ve araştırma yapmak, uzun ve titiz çalışmayı gerekli kılmaktadır. Makaleleri ile dergiyi kalıcı kılan yazarlara teşekkür ediyorum.

Prof. Dr. Nazım EKREN
Rektör

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

Bilgisayar Mühendisliği

- Optik Çoğuşma Anahtarlama (OÇA) Ağ Üzerinde Çoğa Gönderim Uygulaması**
Multicasting Application Over Obs Networks
Pınar KIRCI, Abdül Halim ZAİM 01

Tekstil Mühendisliği

- Mikrokapsülasyon Teknolojisi ve Tekstil Sektöründe Kullanımı**
Microencapsulation Technology and the Use of Microencapsulation Technology in Textile Industry
Şeyda EYÜPOĞLU, Dilek KUT 09

Endüstri Mühendisliği

- Türkiye Otomotiv Yan Sanayinde Yalın Üretim Uygulaması**
A Lean Manufacturing Application In Turkish Automotive Industry
Alper KILIÇ, Berk AYVAZ 29

- Hava Taşımacılığı Simülasyon Sistemleri İçin Hat – Uçak Tipi Eşleştirmede Kârlılık Analizi Ve Makine Öğrenimi Temelli Fiyatlandırma Modeli Tasarımı**
Profit Analysis and Machine Learning Based Pricing Model Design in Route-Aircraft Pairing for Air Transportation Simulation Systems
Muhammet Emin TAŞCIOĞULLARI, Oğuz BORAT 61

Matematik

- Finding the Traveling Wave Solutions of Some Nonlinear Partial Differential Equations by an Expansion Method**
Bir Açılım Metodu İle Bazı Lineer Olmayan Kısmi Diferansiyel Denklemlerin Yürüyen Dalga Çözümlerini Bulmak
Doğan KAYA 73

Araştırma Makalesi

OPTİK ÇOĞUŞMA ANAHTARLAMA (OÇA) AĞ ÜZERİNDE ÇOĞA GÖNDERİM UYGULAMASI

Pınar KIRCI¹

A. Halim ZAIM²

ÖZ

Günümüzde, artan internet kullanımı nedeni ile ağlar daha da fazla kullanıcı tarafından büyük oranlarda bant genişliği gerektirecek uygulamalar için kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu talebi karşılayabilecek ağ alt yapılarına gerek duyulmaktadır. Bu ihtiyacı karşılayabilmek için çeşitli teknolojiler ve uygulamalar üretilmiştir. Video konferans ve uzaktan interaktif eğitim gibi uygulamalar bire-çok bağıntı ya da çoktan-çok bağıntı iletişimi yapısında olan çoğa gönderim uygulamalarını temel alır ve büyük oranlarda bant genişliği gerektirir.

Bu uygulamalar, optik ağlarda Dalga boyu Bölümlemeli Çoğullama (Wavelength Division Multiplexing-WDM) teknolojisi sayesinde kullanıcılara kolaylıkla ulaştırılmaktadır. Çalışmada, Optik Çoğuşma Anahtarlama (Optical Burst Switching-OBS) ağlarda çoğa gönderimi sağlayabilmek için PPM (Precalculated Path Multicast-Önceden Hesaplanan Yol Çoğa Gönderim) isimli yeni bir protokol sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: *Optik çoğuşma anahtarlama, çoğagönderim, optik ağlar, DBÇ*

MULTICASTING APPLICATION OVER OBS NETWORKS

ABSTRACT

Today, because of the increasing internet usage, the networks are used by more users for big amounts of bandwidth requiring applications.

To ensure these great bandwidth demands, various technologies and applications are developed. Video conference and distance interactive education applications are one to many or many to many transmission type, multicast based and high bandwidth needed applications which are transmitted to the users easily by the Wavelength Division Multiplexing-WDM technology over Optical Burst Switching-OBS networks. The study presents multicasting in OBS networks with a new protocol which is named as Precalculated Path Multicast-PPM.

Keywords: *Optical burst switching, multicasting, optical networks, WDM*

Makale Gönderim Tarihi: 16.03.2015

Kabul Tarihi: 25.02.2016

¹ *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye, pkirci@istanbul.edu.tr*

² *İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye, azaim@iticu.edu.tr*

1. GİRİŞ

Son yirmi yılda ağ teknolojisi çok büyük gelişmeler kaydetmiştir. Özellikle iletim medyası olarak fiber günümüzde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve bu durumun en önemli nedeni de fiberdeki potansiyel bant genişliğinin gelecekteki bant genişliği talebini karşılayabilecek durumda olmasıdır (Wan ve Liang, 2005).

Optik ağlar, geniş ve yerel alanlarda milyonlarca kullanıcıya elektronik ağların sağladığından çok daha yüksek kapasitelerde bağlanma imkanı sağlayan bir teknolojidir. Optik ağlar, elektronik ağlar ile karşılaştırıldığında onların veri iletim oranlarının daha da üstünde veri iletimi vaat etmektedirler. Ağdaki yüksek hızı sağlayabilmenin anahtarı, işareti elektronik formdan çok optik formda işlemektir. Fiber optik bağların yüksek bant-genişliği özelliğinden WDM (Wavelength Division-Multiplexing-Dalga boyu Bölümlemeli Çoğullama) teknolojisinde de yararlanılır. WDM teknolojisi, tek bir fiber optik bağda her lazer huzmesinin (beam) farklı optik dalga boyu kullandığı bir ortamda birden fazla lazer huzmesinin yayılımını destekler (Sun vd.,1999).

Çoğa gönderim, bilgiyi tek bir kaynak düğümden birçok varış düğümüne iletebilme yeteneğidir. Birçok yüksek-bant genişliği gerektiren uygulamalarda örneğin örün tarayıcısı (world wide web browsing), video konferans, e-ticaret, uzaktan eğitim ve web-casting (bir video veya sesin internet üzerinden tüme gönderilmesi) gibi uygulamalarda etkinliği sağlamak için çoğa gönderim servislerine ihtiyaç duyulur (Wang ve Yang, 2002-Din, 2008). Çoğa gönderim, tüme gönderim ve teke gönderim yaklaşımlarının avantajlarını bünyesinde barındıran ancak dezavantajlarından sakınan bir yaklaşım olarak sunulmuştur (Iano ve Magri, 2007).

Çalışmamızın 1. bölümünde Dalgaboyu Bölümlemeli Çoğullama ve Çoğa gönderim konuları özetlenmiştir. 2. bölümde optik WDM ağlar üzerindeki üç anahtarlama teknolojisi incelenmiştir. Bölüm 3’de üzerinde çalışılan ağ yapısı açıklanmış ve elde edilen sonuçlar grafikler ile sunulmuştur.

2. DALGABOYU BÖLÜMLEMELİ ÇOĞULLAMA (DBÇ) AĞLAR

Bir fiberin bantgenişliği, WDM teknolojisi kullanılarak çok sayıda yüksek hızlı kanallara bölünebilir. Bu kanalların her biri elektronik bir arayüzün en yüksek oranında işlem yapma yeteneğine sahiptir. Tek toplama WDM ağlarda, bir düğümden diğerine paket iletimi için kaynak düğümün ileticilerinden biri ile varış düğümünün alıcılarından biri aynı dalgaboyuna ayarlanmaları gerekir. Düğümlerin üzerlerinde iletişimlerini sağladıkları dalgaboyları, kanallar olarak nitelendirilir. Bu kanalların sayısı düğümlerin sayısından az olabilir ve bir ya da daha fazla düğüm aynı varış noktasına paket gönderebilir.

Internet protokol trafiğini, optik WDM ağlar üzerinden iletmek için üç anahtarlama teknolojisi vardır. Bunlar Optik Devre Anahtarlama (Optical Circuit Switching-OCS), Optik Paket Anahtarlama (Optical Packet Switching-OPS) ve

Optik Çoğuşma Anahtarlama (Optical Burst Switching-OBS) teknolojileridir (Jeong vd., 2002).

Günümüzde kullanılan optik ağlar, ilk başlarda optik devre anahtarlama yapısını istihdam ediyordu. OCS'de ışık yolu (lightpath) diye adlandırılan tam-optik yollar, kaynak ve varış noktası arasında veri iletiminden önce kurulur. Kaynak ve varış noktası arasında bu ışık yolunu kurabilmek ve kaynakları tahsis edebilmek için bir işaretleme gidiş dönüşü yapılması gerekir. OCS, devamlı (persistent) yüksek bant genişlikli trafik için uygun ancak dinamik çoğuşmalı trafik için ise uygun değildir.

OPS ağlar, var olan OCS ağlara esnek bir alternatiftir. Veriyi paket-paket temelli bir yapıda anahtarlarken dinamik ve çoğuşmalı trafik için daha yüksek oranlarda etkinlik elde edebilir. OPS, elektronik arayüz maliyetlerini azaltabilecek, veri saydamlığı sağlayabilecek özellikte bir teknolojidir. Bir paket OPS'e vardığında ilk olarak giriş arayüzü tarafından başlığı ve veri kısmı birbirinden ayrılır. Paketin başlığı elektriksel dönüşüme uğrar ve kontrol birimi tarafından elektronik olarak işlenir. Bu arada veri optik olarak kalır ve anahtarlama fabrikden geçtikten sonra tekrar optik forma dönüştürülmüş başlığıyla birleştirilir. OPS, ağ bant genişliğini en etkin şekilde kullanabilmeyi sağlar.

Aynı düğüme gitmek isteyen paketlerin daha büyük optik paketler halinde yani çoğuşmalar halinde iletilmesine OBS denir. Bir OBS ağı kullanıcılardan, optik düğümlerden ve fiberlerden oluşur. OPS ile karşılaştırıldığında, OBS'de verileri çoğuşmalar halinde iletmek, anahtarlama masrafını ve her düğüme yapılan kontrol işlemini, OCS ile karşılaştırıldığında, tek yönlü rezervasyon yapısı OBS deki işaretleme masrafını ve ofset zamanı da ara düğümlerde tampon kullanma ihtiyacını azaltır. Verilerin daha büyük çoğuşmalar halinde iletilmesi sayesinde kontrol paketi sayıları da azaltılmış olur, bu kontrol paketlerinin bant dışı dalgaboyu üzerinden çoğuşmadan önce gönderilmesi sayesinde de optik yol kurulmuş olur (Jue vd., 2009, Xu vd., 2001).

Verinin bir bilgisayar ağında bireysel alıcılara değil de bir grup alıcıya gönderilmesi çoğa gönderim mantığıdır. Çoğa gönderimde amaç, paketleri iletebilecek bir dağıtım ağacı oluşturabilmektir, bu durumda bir yönlendirme problemidir. IP ağlarda bununla ilgili olarak birçok yönlendirme algoritması ve protokolü sunulmuştur ayrıca son yıllarda QoS (Quality of Service-Servis Kalitesi) üzerine de yoğun olarak çalışılmaktadır. QoS yapısına sahip birçok algoritma statik yapıdadır ve burada bütün üyelerin açık bilgisine ihtiyaç vardır yani çoğa gönderim ağacının oluşturulması için bütün üyelerin ilan edilmesi gerekir. Çoğa gönderim grupları dinamik ya da statik olabilirler. Statik bir grup önce kurulur ve dağıtılamaya kadar da değiştirilmeden öylece kalır. Bir bağlantı olabilmesi için kaynaktan bir istek (request) gelmesi gerekir. Dinamik grupların durumlarını ise varış noktaları belirler ve üyeler her zaman eklenip-çıkarılabilirler.

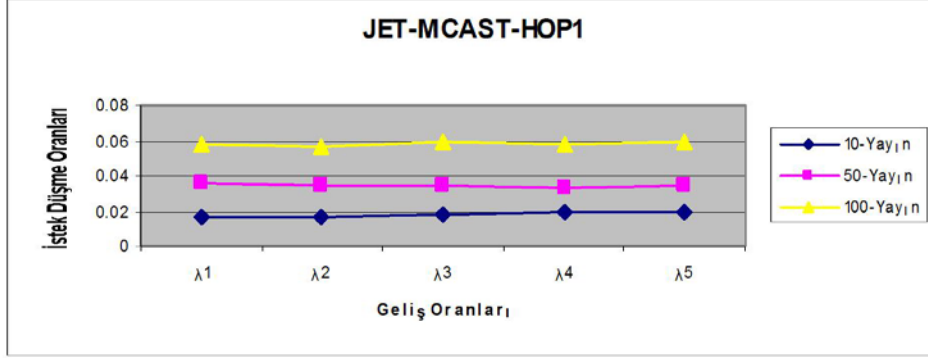
Dinamik yönlendirme algoritmalarında ise, çoğa gönderim ağacı, grup üyelerinin tek tek eklenmesi ile oluşturulur ancak gruba yeni bir üye eklenirken algoritma ya da protokol tüm ağacı yeniden oluşturmaz onun yerine ağacı mümkün mertebe etkilemeden yeni alıcıyı var olan bir üyeye bağlar. Canlı ses (live audio) ve video yayını gibi uygulamalarda dinamik yönlendirme algoritmaları tercih edilir. Her yönlendiricinin çoğa gönderim ağacını bağımsız olarak hesapladığı Çoğa Gönderim Açık En Kısa Yol İlk Protokolü (Multicast Open Shortest Path First-MOSPF) tarzı çoğa gönderim yönlendirme protokollerinde ya da merkezi bir düğümle bir çoğa gönderim ağacını bir işaretleme protokolü ile hesaplarken statik bir algoritma kullanılabilir ancak burada grup üyelerinin sık sık eklenme ve ayrılmaları sonucu ortaya çıkabilecek hesaplama masrafını da göz önünde bulundurmak gerekir. Uzaktan eğitim benzeri uygulamaları düşünürsek burada statik algoritmalar kullanmak yeterli olacaktır çünkü sanal sınıfın öğrencileri belli bir saatte dersi izlemeye başlayıp, ders saatinin sonuna kadar dersi izleyecekleri için buradaki çoğa gönderim üyeleri önceden biliniyor olacak ve sık katılımlar da olmayacaktır (Fei ve Gerla, 2000-Doar ve Leslie, 1993).

3. AĞ YAPISI VE SONUÇLAR

Çalışmamızda, OBS ağlar üzerinde çoğa gönderim yapısı ele alınmış ve WDM üzerinde OBS kullanarak çoğa gönderim yapabilmek için yeni bir protokol tanımlanmıştır. Sunulan protokol yapısı, genişletilmiş sonlu durumlu makinesi (Extended finite state machine-EFSM) baz alınarak oluşturulmuştur. Ayrıca, çalışmamızda kullandığımız EFSM’de hibrid bir modeldir.

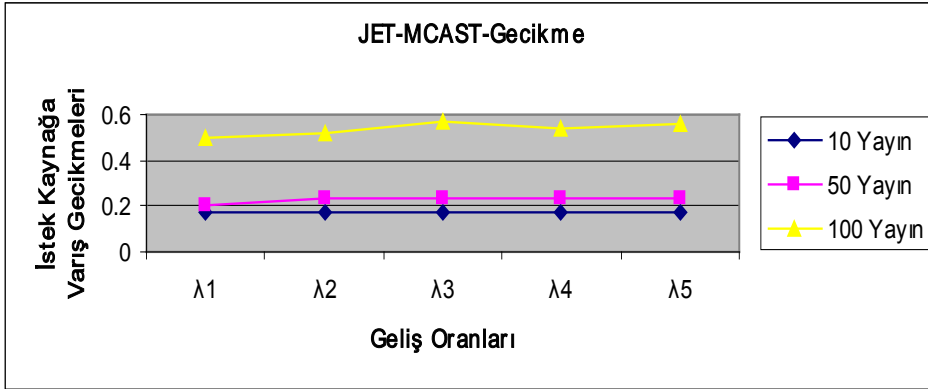
Sunduğumuz protokol yapısında, bir kaynak düğüm ve birçok istemci düğümleri arasındaki iletişim bir ağ giriş anahtar, birçok ara anahtar ve birden fazla kenar anahtar üzerinden sağlanmıştır. Çalışmada JET (Just Enough Time) Rezervasyon Protokolü üzerinde çalışılmıştır.

JET rezervasyon protokolü üzerinde çoğa gönderimde poisson üretici ile elde edilen sonuçlar dikkate alınmış ve grafiklerle gösterilmiştir. Simulasyon, Poisson trafik üreticinin farklı λ değerlerinde JET üzerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Yayın Sayısına Göre λ Değerlerinin İstek Düşme Oranlarına Etkisi

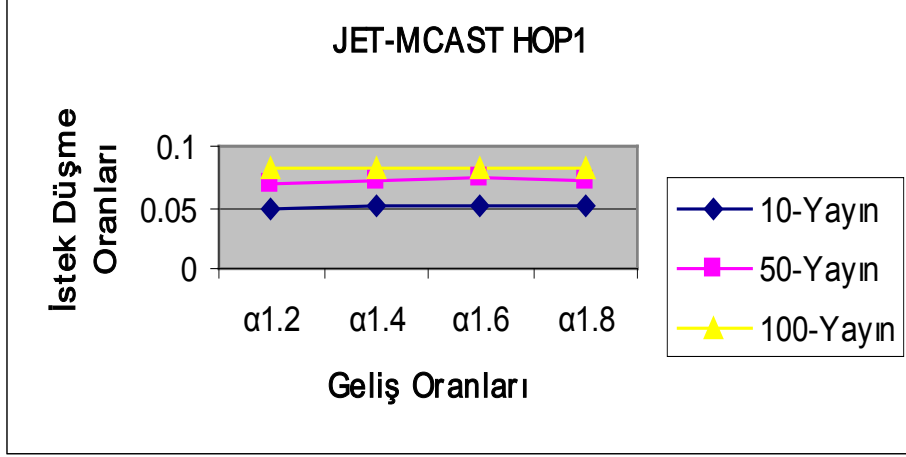
Şekil 1’de görüldüğü üzere bir oturumdaki yayın sayısı arttıkça ilgili yayınlar için eklenme istek düşme oranları da artmaktadır.



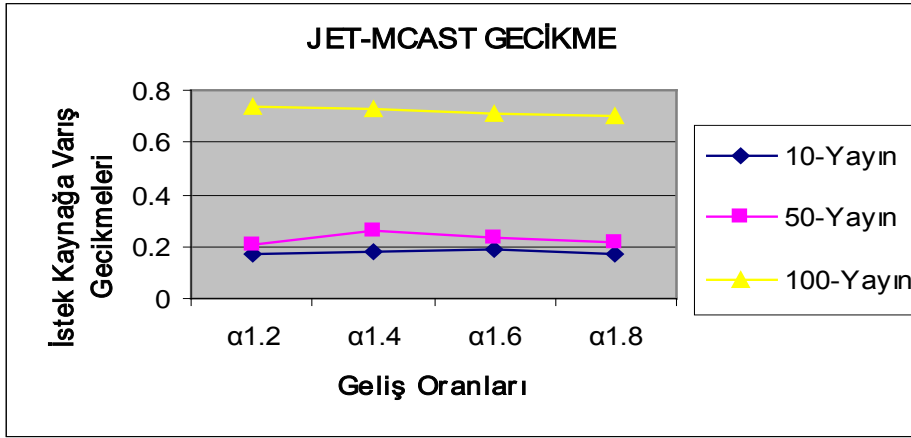
Şekil 2. Yayın Sayısına Göre İsteklerin Kaynağa Varış Gecikmeleri

Şekil 2’de istemciden gönderilen eklenme istek mesajlarının kaynağa varış gecikmeleri yayın sayısına ve trafik üreticine bağlı olarak gösterilmiştir.

JET rezervasyon protokolü üzerinde çoğa gönderimde selfsimilar üreteci ile elde edilen sonuçlar şekil 3 ve 4’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Yayın Sayısına Göre α Değerlerinin İstek Düşme Oranlarına Etkisi



Şekil 4. Yayın Sayısına Göre İsteklerin Kaynağa Varış Gecikmeleri

Şekil 4’de istemciden gönderilen eklenme istek mesajlarının kaynağa varış gecikmeleri yayın sayısına ve trafik üreticine bağlı olarak gösterilmiştir. OBS ağ üzerinde çoğa gönderimde, Selfsimilar trafik üretici kullanıldığında Şekil 3’de gösterildiği gibi eklenme istek düşme oranları artış göstermektedir. Poisson ve Selfsimilar trafik üreteçlerine göre eklenme istek düşme oranları karşılaştırıldığında

Selfsimilar trafik üreteci kullanıldığında düşme oranlarının arttığı görülmüştür. Sonuç olarak Poisson trafik üreteci ile daha iyi sonuçlar alınmıştır.

4. SONUÇ

Günümüzde, bilgisayar kullanıcılarının bantgenişliği talebi, bilgisayar ağlarının en önemli sorunlarından. Zamanla artan bu talebi karşılayabilmek amacıyla sunulan en dikkat çekici çözüm ise OBS ağlardır. OBS yapısı, WDM ağlar üzerinde IP trafiğini desteklemek amacıyla anahtarlama teknolojisi olarak sunulmuş ve üzerinde en çok çalışılan teknolojilerin başında gelmektedir. Bu nedenle de, bu çalışmada, optik çoğuşma anahtarlama üzerinde durulmuştur. OBS yapısında birçok kanal rezervasyonu kullanılabilir ancak bunlardan en önemlisi JET kanal rezervasyon protokolüdür.

Çalışmamızda, bir kaynak istemci düğümü ile hedef istemci düğümü arasında bir bağlantı oluşturulmuş ve bu bağlantı birkaç ağ giriş düğümü ve bir ara anahtar üzerinden yapılandırılmıştır. Simülasyonda, JET rezervasyon protokolü üzerinde çoğa gönderimde poisson ve selfsimilar üreteci ile elde edilen sonuçlar dikkate alınmış ve grafiklerle gösterilmiştir. Simülasyonlar, poisson trafik üretecinin farklı λ ve selfsimilar trafik üretecinin farklı α değerlerinde JET üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde genel olarak poisson trafik üreteci ile daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Doar, M., Leslie, I., (1993), “How Bad Is Naive Multicast Routing”, IEEE 1993, 0743- 166X-93.
- Din, D. R., (2008), “Genetic Algorithm for Finding Minimal Cost Light Forest of Multicast Routing on WDM Networks”, Hindawi Publishing Corporation Journal of Artificial Evolution and Applications, Vol. 2008, Article ID 536913.
- Fei, A., Gerla, M., (2000), Receiver-Initiated Multicasting With Multiple Qos Constraints”, 0-7803-5880-5-2000 IEEE INFOCOM.
- Iano, Y., Magri, M. P., (2007), How To Architect An IPTV System, 0-7695-2818-X-07, WIAMIS-2007, IEEE.
- Jeong, M., Cankaya, H. C., Qiao, C., (2002), “On A New Multicasting Approach In Optical Burst Switched Networks”, IEEE Communications Magazine, November 2002, 0163-6804-02.
- Jue, J. P., Yang, W. H., Kim, Y. C., Zhang, Q., (2009), “Optical Packet and Burst Switched Networks: A Review”, IET Communications, Vol. 3, Iss.3, 334-352.

Sun, Y., Gu, J., Tsang, D. H. K., (1999), Routing And Wavelength Assignment In All-Optical Networks With Multicast Traffic”, Proc. of Int. Teletraffic Congress-ITC’16, Edinburgh, U.K, June 1999.

Wan, Y., Liang, W., (2005), “On The Minimum Number Of Wavelengths In Multicast Trees In WDM Networks”, Networks, an International Journal, Vol. 45, 42-48.

Wang, Y., Yang, Y., (2002), “Multicasting In a Class Of Multicast-Capable WDM Networks”, Journal of Lightwave Technolgy, Vol. 20, No.3, March 2002.

Xu, L., Perros, H. G., Rouskas, G., (2001), “Techniques for Optical Packet Switching and Optical Burst Switching”, IEEE Communications Magazine, 0163-6804-01.

Araştırma Makalesi

MİKROKAPSÜLASYON TEKNOLOJİSİ VE TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KULLANIMI

Şeyda EYÜPOĞLU¹

Dilek KUT²

ÖZ

Ülkemizde uzun zamandır tekstil endüstrisi lider konumdadır. Ancak son yıllarda Asya ülkelerindeki düşük maliyetli üretim sonucu elde edilen düşük fiyatlı ürünler ülkemiz tekstil sektörünün yeni arayışlara yönelmesine neden olmuştur. Konvansiyonel tekstil materyali üretimine karşılık fonksiyonel tekstil materyali üretimi çalışmaları hız kazanmıştır. Fonksiyonel tekstil materyali üretiminde mikrokapsül uygulamaları özellikle sağladığı fonksiyonellik ve uzun süreli etki açısından diğer metotlardan bir adım öne çıkmaktadır. Bu çalışmada mikrokapsülasyon teknolojisi ele alınmış ve mikrokapsül teknolojisi ile elde edilen fonksiyonel tekstil ürünleri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Mikrokapsülasyon teknolojisi, termal izolasyon, anti-bakteriyellik, böcek kovuculuk, renk değişimi ve fonksiyonel tekstiller.*

MICROENCAPSULATION TECHNOLOGY AND THE USE OF MICROENCAPSULATION TECHNOLOGY IN TEXTILE INDUSTRY

ABSTRACT

Textile industry in our country has been in a leader position for many years. However, the textile industry in our country has sought for alternative ways because of the low-priced product produced from low-cost manufacturing in Asia countries. The produce of functional textile materials has gained speed in despite of the produce of conventional textile materials. The microencapsulation technology steps forward the other technologies in textile industry in order to cause functionality and durability. In this study, the microencapsulation technology was investigated and the functional textile materials produced with the microencapsulation technology was investigated.

Keywords: *Microencapsulation technology, thermal insulation, anti-bacterial, insect repellent, colour change and functional textiles.*

Makale Gönderim Tarihi: 03.07.2015

Kabul Tarihi: 06.08.2015

¹*İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Moda ve Tekstil Tasarımı Bölümü, scanbolat@ticaret.edu.tr*

²*Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, dilek@uludag.edu.tr*

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji her alanda olduğu gibi tekstil sektöründe de fonksiyonel ürün tasarımını öncelikli hale getirmiştir. Ürünlerin estetik görünümü yanında fonksiyonelliği, konfor özellikleri, kullanıcının sağlığına zarar vermemesi ve ekonomik olması tüketicilerin talepleri arasındadır. Ayrıca enerji kaynaklarının giderek çok daha pahalı ve sınırlı hale gelmesi, çevre bilincinin giderek gelişmesi hayatın her alanında olduğu gibi tekstil sektöründe de enerji ve su tasarrufunu zorunlu hale getirmiştir.

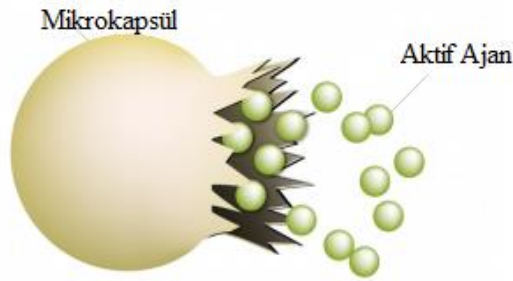
Tekstil materyallerine fonksiyonellik lif üretiminde kazandırılabilirdiği gibi çoğunlukla da bitim işlemleri ile kazandırılmaktadır. Bitim işlemleri en genel tanımı ile tekstil malzemelerinin tutum-görünüm ve kullanım özelliklerini geliştirmek amacıyla uygulanan işlemlerdir. Bitim işlemlerinde yaygın kullanılan çok sayıda kimyasal madde söz konusudur. Bu kimyasal maddelerin en belirgin özelliği tekstil mamullerine substantifliklerinin (ilgisinin) olmamasıdır. Bu nedenle hali hazırda işletme ortamlarındaki bitim işlemi uygulamalarında emdirme metoduna göre yapılan aplikasyonlar sıklıkla kullanılmaktadır. Bunun dışında son yıllarda köpüklü aplikasyon ve kaplama yöntemleri de bitim işlemlerinde kullanılmaya başlamıştır.

Tekstil sektöründe hem sanayileşmeyi sürdürmek hem de çevreyi koruyabilmek için konvansiyonel yöntemlere alternatif yöntem arayışları hız kazanmıştır. Bu yöntemler arasında ultrasonik (Kamel vd., 2009) ve mikrodalga enerjisi kullanımı (Kim vd., 2003), plazma uygulaması (Karahana vd., 2009; Samanta vd., 2014), köpüklü aplikasyon (Kut, 2011), kaplama yöntemleri (Perelshtein vd., 2013) ve mikrokapsül uygulamaları (Monllor vd., 2010; Yuan vd., 2009) özellikle sağladığı çevresel ve ekonomik avantajlar açısından diğer metotlardan bir adım öne çıkmaktadır.

Mikrokapsülasyon teknolojisi, mamüle uygulanan fonksiyonel bitim işleminin etkisini uzatması açısından önemli bir tekniktir (Re, 1998). Özellikle kontrollü salınım gibi etkiler istendiğinde rakipsiz görülmektedir (Re, 1998). Mikrokapsülasyon aynı zamanda boya, baskı gibi diğer yaş işlemlere de uygulanabilmektedir. Yıkama şartları, kullanım koşulları gibi çevresel etkiler birçok maddenin uzun ömürlü kullanımlarını sınırlamaktadır. Bu tür maddeler mikrokapsülasyon tekniği ile bir kabukla koruma altına alınır ve çevreye karşı dayanımları artırılır (Tan vd, 2003; Kim ve Cho, 2002; Salaün vd., 2009; Huang ve Yang, 2014; Martin vd., 2015; Ezhilarasi, 2013).

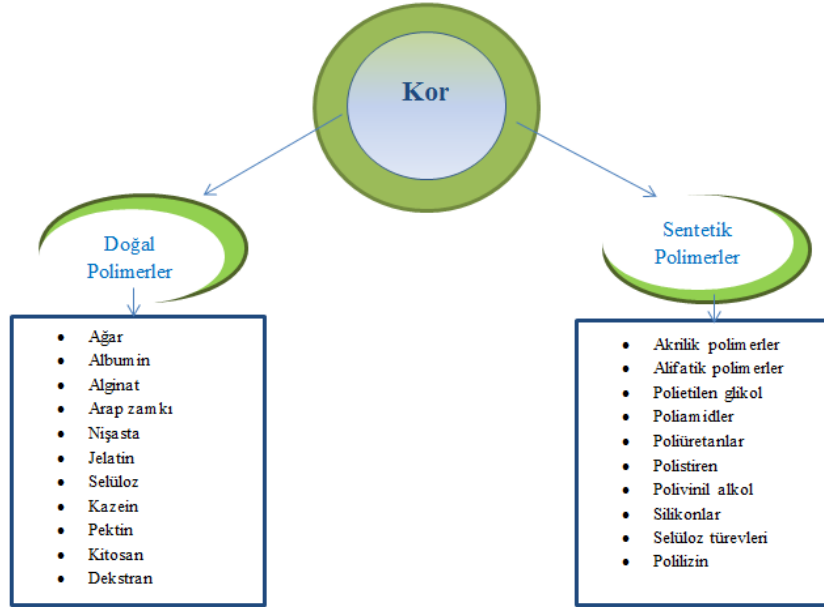
Tekstil bitim işlemlerinde sağladığı uzun süreli etki nedeniyle mikrokapsülasyon tekniği kullanımına son günlerde sıkça rastlanmaktadır (Li vd., 2013; Sathianarayanan vd, 2011). Mikrokapsülasyon, ilaç, protein, boya veya kozmetikler gibi çeşitli kimyasalların sıvı, gaz veya katı halde uygun bir kabuk içerisinde hapsedilmesidir (Nesterenko vd., 2013; Nesterenko vd., 2014; Rajam ve Anandharamakrishnan, 2015; Nunes vd., 2015). Kapsüllenen maddeye çekirdek,

kaplama maddesine de çeper, kabuk veya duvar materyali denir (Nesterenko vd., 2013). Mikrokapsülasyon tekniği kullanımı ile tekstil yüzeylerine kontrollü/geciktirilmiş salınım (Kut, 2011), tat, koku (Fei vd., 2015) ve renk maskeleye, UV (Xu vd., 2013), ısı (Pomianowski vd., 2012), oksidasyon (Gupta vd., 2015), asit ve bazlara karşı koruma ve uçucu bileşiklerin stabilizasyonu, anti-bakteriyellik (Çimen, 2007), anti-mikrobiyellik (Balci, 2006), anti-matarlık (Park ve vd., 2009), uzun süreli güç tutuşurluk (Giraud vd., 2001), böcek kovuculuk (Miller vd., 2011) ve ısı izolasyonu (Hawladar vd., 2003) özellikleri kazandırılabilir. İstenilen etkiyi sağlayan etken maddenin uygun bir kabuk malzeme ile mikrokapsülasyonu sonucu oluşan yapı Şekil 1’ de yer almaktadır.



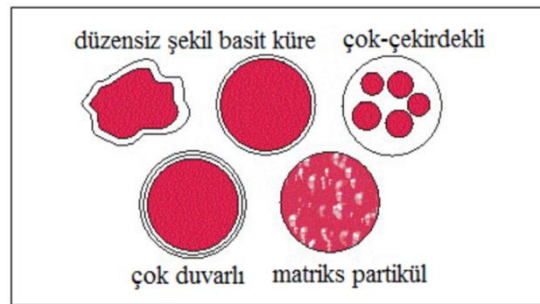
Şekil 1. Mikrokapsül yapısı.

Mikrokapsül elde edilmesinde çeşitli etken maddeleri bir kabuk içine hapsedmek için birçok kabuk malzeme kullanılmaktadır. Kullanılan bu kabuk malzemeler Şekil 2’de yer almaktadır.



Şekil 2. Mikrokapsül eldesinde kullanılan kabuk malzemeler.

Mikrokapsüllerin morfolojisi (yapısı) esas olarak çekirdek materyaline ve mikrokapsülasyon işlemine bağlı olarak değişmektedir. Mikrokapsüller küre şeklinde veya düzensiz şekilde meydana gelebilirler. Tek çekirdekli, çok çekirdekli veya matris yapıda olabilirler. Tek çekirdekli mikrokapsüllerde çekirdek materyali bir kabuk tarafından kesintisiz bir şekilde sarılmaktadır. Çok çekirdekli mikrokapsüllerde ise çekirdek materyali mikrokapsül içerisinde farklı kısımlarda toplanmış olup etrafı kabuk materyali tarafından sarılmaktadır. Matris tipi mikrokapsüllerde çekirdek materyali kabuk materyali içerisinde homojen olarak dağılmıştır. Şekil 3’ de mikrokapsül şekilleri görülmektedir (Kut, 2011).



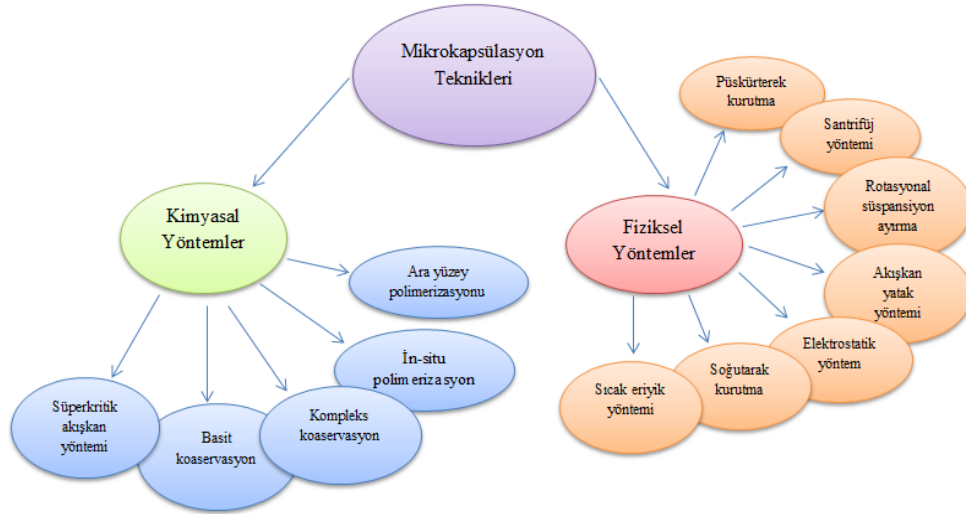
Şekil 3. Mikrokapsül yapıları.

Mikrokapsülasyon tekniği sayesinde çekirdek materyal reaktif, korozif ve zararlı çevreden korunabilmekte, daha iyi işlenebilirlik kazanabilmekte (çözünürlüğün, akışkanlığın artması v.b.), raf ömrü artmakta, tehlikeli ve toksin materyaller güvenli bir şekilde taşınabilmekte, enzim ve mikroorganizma immobilizasyonu gerçekleştirilebilmekte, tat ve kokular gizlenebilmekte, sıvı maddeler katı halde taşınabilmekte ve salımı kontrol altında tutulabilmektedir (Nelson, 2002; Rosenberg vd., 1990; Anal ve Singh, 2007; Krasaekoopt vd., 2003; Champagne ve Fustier, 2007; Koç vd., 2010).

Mikrokapsül üretiminde birçok teknik kullanılmaktadır. Mikrokapsülasyon tekniğinin seçiminde,

- ✓ Çekirdek materyalin tipi,
- ✓ İstenilen partikül boyutu,
- ✓ Kabuk materyalinin geçirgenliği, vb.

gibi özellikler önemlidir. Hedeflenen etkiye göre mikrokapsülasyon tekniği seçilmelidir. Mikrokapsülasyon üretim teknikleri Şekil 4’ de yer almaktadır (Kut, 2011).



Şekil 4. Mikrokapsül üretim yöntemleri.

Mikrokapsül üretiminde kullanılan tekniklerin başında; ekstrüder, püskürtük kurutma, in-situ polimerizasyonu, ara yüzey polimerizasyonu, koaservasyon ve akışkan yatak mikrokapsülasyon yöntemi gelmektedir.

Ekstrüder yönteminde birbirine karışmayan kabuk ve kor malzeme sıvı formda hızla dönen düzeden pompalanır ve hava ile temas eden kabuk malzeme katılarak damla formunda kor malzemeyi kaplar (Sarier ve Oner, 2012).

Püskürterek kurutma mikrokapsülleme yöntemi ilk olarak 1950' li yıllarda gıda sanayinde kullanılmıştır ve gıda sanayini farmakoloji sektörü takip etmiştir. Sprey kurutma yönteminin esası; kabuk malzemenin çözüldükten sonra bir atomizer vasıtası ile küçük damlacıklar halinde sıcak hava bulunan kabine püskürtülmesidir. Kabin içerisinde kurutma gazı olarak yaygın şekilde azot ya da inert gazlar kullanılmaktadır (Drusch, 2007). Kabin içerisinde sıcak hava nedeniyle çözücü uzaklaştırılmakta ve mikrokapsül oluşturulmaktadır.

Bir diğer mikrokapsül üretim yöntemi olan soğutarak kurutma tekniği ise prensip olarak püskürterek kurutma ile aynıdır. Kurutma işlemi sıcak hava yerine soğutularak yapılır.

Döner disk metodu ise ekstrüder, püskürterek kurutma ve santrifüj yöntemine oldukça benzemektedir. Çekirdek materyali, kabuk formülasyonu içerisinde dispers halde birlikte döner disk üzerine beslenir. Diskin kenarında kabuk materyali ile fırlayan çekirdek materyali, kabuk materyalinin soğutulup katılmasıyla kapsül içerisine hapsedilir. Düz, konik veya kâse şeklinde diskler kullanılabilir.

İn-situ polimerisasyonu ara yüzey polimerisasyonuna benzerdir. Burada çekirdek malzemenin bulunduğu kaptaki reaktif madde bulunmamaktadır. Polimerizasyon sadece sürekli fazda ve dispers çekirdek materyali ile sürekli fazın oluşturduğu ara yüzeyin, sürekli faz kısmında gerçekleşir (Kut, 2011).

Koservasyon metodunda çekirdek materyali polimer çözeltisi içerisinde dispers haline getirilir. Polimer çözeltisinin çözülebilirliği, karıştırılırken sıcaklığın düşürülmesi, pH'nın değiştirilmesi v.b yöntemlerle faz ayrımı gerçekleştirilerek kabuk materyali oluşturulur (Güler, 2010).

Kompleks koservasyonda ise farklı yüklere sahip iki kolloid kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Hidrofilik kolloidin sulu çözeltisi hazırlandıktan sonra ortama farklı yükteki ikinci kolloid ilave edilmektedir. İkinci kolloidin ilavesinden sonra kolloidler çekirdek madde etrafında toplanmaktadır. Böylece kompleks koservasyona göre mikrokapsülasyon gerçekleşmektedir.

Ara yüzey polimerisasyonu iki faz arasındaki yüzeyde meydana gelir. Bu işlemde genellikle iki reaktif monomer kullanılmaktadır. Ara yüz polimerizasyonu ile mikrokapsül eldesinde reaktif monomerlerden biri ve kabuk malzeme bir çözgen içinde çözülmektedir. Diğer reaktif monomer de farklı bir çözgen içinde çözülmektedir. Ardından bu iki dispersiyon karıştırılır ve iki sıvı fazın ara yüzeyinde monomerlerin birbiri ile reaksiyona girmesiyle dispers fazı hapsedecek şekilde film oluşur (Cireli vd., 2006).

Akışkan yatak yönteminde temel işlem adımları; kabuk malzemenin çözülmesi, kor (çekirdek) partiküllerin akışkan hale getirilmesi ve son olarak kor partiküllerin kaplanmasıdır (Desai ve Park, 2005). Bu yöntemde toz halindeki kor madde akışkan yatak kullanılarak sıcak bir gaz içinde süspansiyon edilir. Ardından süspansiyon olan kor partiküllerin üzerine kapsül çeperini oluşturan çözelti halindeki kabuk malzeme püskürtülür. Son olarak çözücü uzaklaştırılarak kabuk maddenin çekirdek materyalini kaplaması sağlanır (Sarier ve Oner, 2012).

Çeşitli kabuk ve kor malzemeler kullanılarak tekstil materyallerine; yıkamaya karşı dayanıklı olan anti-bakteriyellik (Alonso vd., 2013), böcek kovuculuk (Faulde vd., 2006), güç tutuşurluk (Giraud vd., 2001), koku yayılımı gibi özellikler (Rodrigues vd., 2009) kazandırılabilir. Ayrıca faz değiştiren malzemelerin mikrokapsül lenerek tekstil mamulüne aktarılması sonucu termal regülasyon sağlayan ürünler (Güler vd., 2011), bitkisel özlerin mikrokapsül lenmesi ile yara iyileştiren, ağrı azaltan kumaşlar, koku veren, hidrofob, böcek savar, güç tutuşur kumaşlar ve biyosensör içeren maddelerin mikrokapsül lenmesi ile de koruyucu giysiler üretilebilmektedir. Tekstil yüzeyine kazandırılmak istenen etkiye göre etken madde katı, sıvı veya gaz halde kapsül içi malzemesi olarak kullanılmaktadır. Çeşitli çalışmalarda materyale kazandırılmak istenen özelliğe göre etken malzeme olarak limon yağı (Rodrigues vd., 2008), n-alkan (Salaün vd., 2010), kaprilik asit (Karaipekli, 2007), esans yağ, çin otu, karanfil yağı, neem yağı ve aloe vera kullanılmıştır. Kabuk malzeme olarak yapılan çalışmalarda polietilen film, polimetilmetakrilat, karbon, geliştirilmiş perlit, polietilen teraftalat, polipropilen, polimetil akrilat, arap zıncı (Thilagavathi vd., 2007), jelatin (Specos vd., 2010), etil selüloz (Badulescu vd., 2008), melamin formaldehit (Salaün vd., 2010), kaprilik asit, poliakrilat (Konulu, 2014), poliüretan (Zheng vd., 2014), çitosan (Javid vd., 2014), kalsiyum karbonat (Yu vd., 2014), silan (Salaün vd., 2013) epoksi reçinesi (Wu vd., 2013) ve çitosan-sodyum alginat (Hui vd., 2013) kullanılmıştır.

Mikrokapsül tekniğinin örnekleri tekstil sektöründe; koku yayan giysilerde, termal regülasyon (düzenleyici) sağlayan kumaşlarda, antibakteriyel tekstil materyallerinde ve güç tutuşurluk sağlayan tekstil materyallerinde yer almaktadır.

2. MİKROKAPSÜLASYON TEKNOLOJİSİNİN KOKU YAYAN TEKSTİL MALZEMESİ UYGULAMASI

Tekstil materyalleri istenilen konstrüksiyonda (yapıda) üretildikten sonra bitim işlemleri ile kumaşlara çeşitli fonksiyonel özellikler kazandırılmaktadır. Bu fonksiyonel özelliklerin arasında tekstil materyaline kötü kokuları tutabilmesi için siklo dekstrinler ilave edilmiştir. Ancak gelişen teknoloji ile mikrokapsül teknolojisinin tekstil sektöründe kullanımıyla, tekstil materyaline bulunduğu ortama güzel koku salma özelliği kazandırılmaktadır. Mikrokapsülasyon teknolojisi sayesinde kumaşın koku salma özelliğinin yıkama ve ortam şartlarına karşı dayanımı iyileştirilmektedir. Lee ve arkadaşları koku yayan esans yağları melamin formaldehit ile in-situ polimerizasyonuna göre kapsüllemişlerdir (Lee vd., 2002). Rodrigues ve arkadaşları limon yağını poliüretan üre kullanarak mikrokapsüllemişler ve ardından

tekstil materyaline emdirme yöntemi ile applike etmişlerdir. Aplikasyon sonunda tekstil materyalinin yıkamaya karşı koku dayanımı incelenmiştir. İlk yıkama sonucunda mikrokapsül applike edilen tekstil materyalinde koku salma %24 azalırken, 5. yıkama sonunda bu oran %97' e ulaşmıştır (Rodrigues vd., 2008). Rodrigues ve arkadaşları yasemin çiçeğinden elde ettikleri ekstraktan parfüm elde etmişler ve elde ettikleri parfümü ara yüz polimerizasyonu ile poliüretan üre kullanarak kapsüllemişlerdir. Elde ettikleri mikrokapsülleri erkek giysilik kumaşlara emdirme yöntemine göre tekstil materyaline applike etmişlerdir. Tekrarlı yıkama testleri sonucunda mikrokapsül applike edilmiş kumaşlarda ilk yıkama sonucunda mikrokapsül azalışı %38 iken beş yıkama sonucunda %87 azalma görülmüştür (Rodrigues vd., 2009). Teixeira ve arkadaşları farklı ticari firmaların limon, yasemin ve çilek aromalarını melamin formaldehit ile mikrokapsülleyerek tekstil materyaline uygulamışlardır. Böylelikle erkek giysilik kumaşların buldukları ortama güzel koku salması sağlanmıştır. Mikrokapsüllerin giysilik materyale aktarılmasından sonra materyallere tekrarlı yıkama testi yapılmış ve yüzeyler taramalı elektron mikroskopu ile incelenmiştir. Numunelerin üzerindeki mikrokapsüllerin 20 yıkama sonunda yüzeyde yer almadığı tespit edilmiştir (Teixeira vd., 2012).

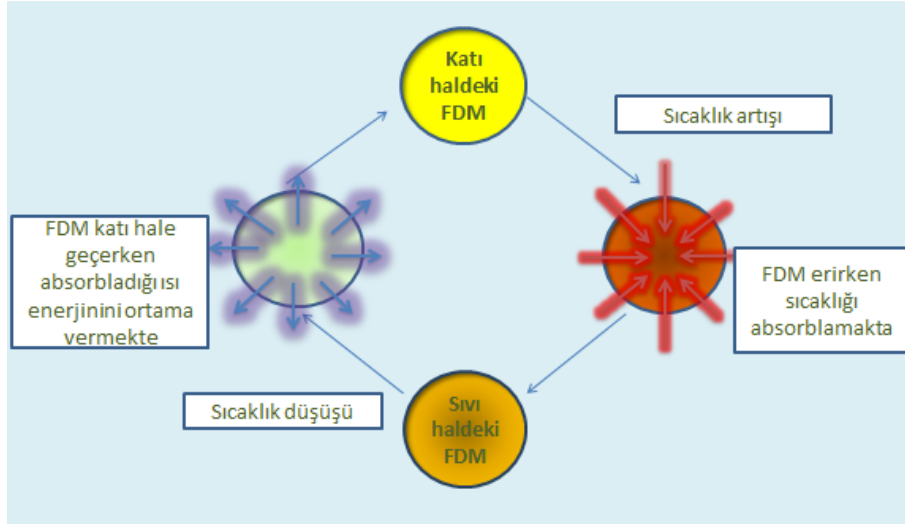
3. MİKROKAPSÜLASYON TEKNOLOJİSİNİN ANTİBAKTERİYEL TEKSTİL MALZEMESİ UYGULAMALARI

Antibakteriyel madde; bakteri, küf, maya ve mantar gibi mikroorganizmaları öldüren ya da büyüme, çoğalma ve etkinliklerini önleyen doğal, sentetik veya yarı sentetik kimyasallar olarak tanımlanır. Antibakteriyel tekstil yüzeyi oluşturmada doğal ve sentetik ürünler kullanılmaktadır. Kullanılan sentetik maddeler triklosan, metaller ve tuzlar, organometalikler, fenoller, kuarter amonyum bileşikleriyken doğal ürün olarak bitkisel ürünler, kitin-kitosan, serisin ve bazı metaller kullanılmaktadır. Alonso ve arkadaşları greyfurt çekirdeği ekstraktını kitosan kabuk kullanarak mikrokapsüllemişler ve pamuk kumaşa uygulamışlardır. Mikrokapsüllerin kumaşa bağlanması gulutraldehit ile sağlanmıştır. Ancak örneklerin anti-bakteriyel etkisi altı ay sonra sona ermektedir (Alonso vd., 2010). Thilavagathi ve Kannaian arkadaşları ıtır çiçeği yapraklarının metanolik ekstraksiyonunu hazırlayarak pamuklu kumaşlara aromatik koku verme ve antimikrobiyel etki elde etmek amacıyla sprey kurutma tekniğine göre mikrokapsüller elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda ıtır çiçeğinin aureus bakterisine karşı daha duyarlı olduğu ve konvansiyonel uygulama yöntemi ile karşılaştırıldığında 10 yıkama sonrasında dahi aromatik kokunun %50-60'ını üzerinde barındırdığı belirtilmiştir (Thilavagathi ve Kannaian, 2010). Bir başka çalışmada yabancı kekik tohumundan elde edilen ekstrakt arap zamkı çeper madde ile kapsüllemiştir. Hazırlanan mikrokapsüller pamuklu kumaşlara aktarılmış ve antibakteriyel etkinlik değerlendirilmiştir. Mikrokapsüllerin kumaşa aktarılmasında

çapraz bağlayıcı kimyasallardan yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda etkinin genellikle 10-15 yıkamaya kadar dayanabildiği ancak kumaşın fiziksel özelliklerinde azalma meydana geldiği belirtilmiştir (Sathianarayanan vd., 2011). Selülaz enzimi ile biyo-yıkama işleminden geçirilen %100 pamuk dimi kumaş, narenciye yağı ve gül yağı karışımı ile emdirme ve mikrokapsülasyon uygulaması şeklinde iki farklı işleme tabi tutulmuş, ardından numunelerin antimikrobiyal, antifungal, kir iticilik, sivrisinek kovucu gibi multi fonksiyonel aktiviteleri test edilmiştir. Numunelere uygulanan tekrarlı yıkamalar sonucunda mikrokapsül uygulanmış kumaşların yıkama dayanımı açısından, konvansiyonel bitim işlemlerine göre çok daha dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır (Vijayalakshmi ve Ramachandran, 2012).

4. MİKROKAPSÜLASYON TEKNOLOJİSİNİN TERMAL İZALOSYON SAĞLAMASINA YÖNELİK TEKSTİL MALZEMESİ UYGULAMALARI

Gelişen teknolojiyle birlikte bireylerin kullandıkları tekstil materyallerinden beklentileri artmaktadır. Özellikle kış aylarında kişiler ince giyinmenin yanında düşen hava sıcaklığından da etkilenmek istememektedir. Ayrıca tekstil materyallerinin inşaat sektöründe düşük fiyatlı olmaları nedeniyle ısı izolasyonu uygulamalarında kullanımı da son yıllarda araştırma konusu haline gelmiştir. Tekstil materyallerinin ısı izolasyonu sağlamasına yönelik çalışmalar arasında faz değiştiren malzemelerin (FDM) mikrokapsülünerek tekstil materyaline aktarımı gerçekleştirilmektedir. FDM içinde buldukları ortamın sıcaklığı faz değişim sıcaklığının üzerine çıktığında, çevreden ısı alırken (gizli ısı), soğuma esnasında soğurdukları gizli ısıyı tekrar çevreye yaymaktadırlar. FDM'nin faz değişimi sırasında sıcaklıkları sabittir. Bu prensipten hareketle bir FDM, diğer malzemelere nazaran daha fazla ısı absorbe eder. FDM ısınmaya başladığında pek çok malzeme gibi sıcaklığı yükselir. Erime noktasına ulaştığında, büyük miktarda ısı soğururken sıcaklığı sabit kalır. Ortam sıcaklığı düştüğünde ise FDM katlaşırken çevreye soğurduğu ısıyı yayar. Böylece ortam sıcaklığının belirli bir aralıkta sabit kalmasını sağlar. FDM'lerin mikrokapsülünmesiyle FDM dış etkilerden korunur ve artan yüzey alanı ile daha iyi ısı transferi sağlar (Güler ve Kut, 2011). FDM'lerin etki mekanizması Şekil 5' de gösterilmiştir.



Şekil 5. FDM' lerin etki mekanizması.

Mikrokapsül uygulamalarında parafinler, hidrotlanmış inorganik yapıda tuzlar, ötektik organikler, kaprik asit, geliştirilmiş grafit, polietilen glikol, laurik asit ve tetrahidroksi bileşenleri kullanılmaktadır (Wang vd., 2012; Chen vd., 2012; Aydın ve Okutan 2012; Cai vd., 2012; Meng vd., 2008; Alkan vd., 2008; Karaipekli vd., 2006; Zhang vd., 2011; Sarı ve Karaipekli 2006). Chen ve arkadaşları larik asidi aktive edilmiş karbon ile kapsülleyerek malzemelerin termal izolasyonunu geliştirmek amacıyla kullanımını araştırmışlardır. Larik asidin karbon ile kapsüllemesinden sonra ısı izolasyonu özelliklerinin arttığı görülmüştür (Chen vd., 2012). Siddiqui ve Sun n-oktani melamin formaldehit ile kapsülleyerek elde ettikleri mikrokapsülleri giysilik dokuma kumaşlara applike etmişlerdir. Faz değıştiren mikrokapsüllerin kumaşlara aktarılmasından sonra kumaşların ısı izolasyonunun iyileştiği sonucuna varılmıştır (Siddiqui ve Sun, 2014). Güler ve Kut kompleks koerservasyon yöntemini kullanarak kaprik asit ve palmitik asit karışımını jelatin arap zamkı kabuk malzeme ile mikrokapsülleyerek polyester perdelik kumaşa applike etmişlerdir. Mikrokapsüllerin polyester perdelik kumaşa aktarılmasından sonra numuneler simule odacıkta ısıl değışimin belirlenmesi amacıyla teste tabi tutulmuştur. Elde edilen kumaşlar mikrokapsül applike edilmiş numunelerin ortamın ısıl konforunu 0.5-1.5 °C iyileştirdiğini göstermektedir (Güler ve Kut, 2011).

5. MİKROKAPSÜLASYON TEKNOLOJİSİNİN BÖCEK KOVUCULUK SAĞLAMASINA YÖNELİK TEKSTİL MALZEMESİ UYGULAMALARI

Tarihte eklem bacaklıların neden olduğu sıtma, dang hastalığı, sarıhumma ve filaryaz gibi hastalıklarla 700 milyon insan mücadele etmiş, 17 kişiden 1 kişi yaşamını yitirmiştir (Hebeish vd., 2008). Yaşanan can kayıpları araştırmacıları eklem bacaklıları kişilere yaklaştırmayacak madde keşfetmeye yöneltmiştir. Kimi

araştırmacılar sentetik böcek kovucuları araştırırken kimileri de doğada var olan bitki özlerinin böcek kovucu özellikte olduğunu keşfetmiştir (Hussey vd., 2014; Hebeish vd., 2008). Araştırmacılar tarafından böcek kovucu olduğu bulunan etken maddeler N,N-dietil-m-toluamid (DEET) (Hussey vd., 2014), etil bütil amino propiyonat (IR3535) (Hussey vd., 2014), pikaridin [2-(2-hidroksietil)-1-piperidinkarboksilik asit 1-metilpropil ester] (Hussey vd., 2014), permethrin (Brown vd., 1997), limon otu yağı (Brown vd., 1997), dialkil ftalat (Brown vd., 1997), indalon (Brown vd., 1997), 2-etilhegzan-1,3-diol (Rutgers 612) (Brown vd., 1997), dimetil ftalat 6-2-2 (Brown vd., 1997), limon özü (Hebeish vd., 2008), limon okalıptüsü (Katz vd., 2008), soya fasülyesi (Kantz vd., 2008), ıtır özü yağı (Kantz vd., 2008), Zantboxylum (sarı odun) meyvesi (Kantz vd., 2008), sarımsak (Kantz vd., 2008), etan (Karunamoorthi vd., 2009), göktop (Kebercho) (Karunamoorthi vd., 2009), bisana (Croton macrostachyus Del.) (Karunamoorthi vd., 2009), karanfil yağı (Shapiro, 2012) şeklinde sıralanabilir. Böceklerden korunmak için böcek kovucu olduğu bilinen maddeler kişiye direk uygulanabildiği gibi, ortama spreylenebilmekte veya kişilerin kullandıkları materyallere örneğin giysi, cibindirlik ve yatak takımlarına çeşitli aplikasyon teknikleri ile aktarılabilmektedir.

Kişilerin kullandığı tekstil materyallerine böcek kovucu maddelerin aktarımı; emdirmeye, çektirme ve kaplama yöntemleri ile uygulanmaktadır. Ancak bu tekniklerin kullanıldığı tekstil materyallerinde böcek kovucu etki uzun süreli değildir ve yıkama sonrasında etki kaybolmaktadır. Bu nedenlerden dolayı böcek kovucu etken maddenin uygun bir kabuk malzeme ile kapsüllenecek kullanılacak tekstil materyaline aktarımı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Faulde ve Nehring çeşitli eklem bacaklıların neden olduğu sıtma gibi hastalıklardan korunmak için nevresim takımlarına 5.93 mg/m² DEET, 3.408 mg/m² IR3535, 2.296 mg/m² permithrin ve 2.349 mg/m² etofenprox applike etmişlerdir. Sonuçlar IR3535 ve DEET' in pirethroid çapraz bağlayıcı ile kullanımının en ideal böcek kovucu olduğunu göstermektedir (Faulde ve Nehring, 2012). Sukumaran ve arkadaşları permithrini askeri üniformalara emdirmeye yöntemine göre aktarmış ve ardından laboratuvar şartlarında dişi *Aedes Aegypti* sivrisineklerine karşı ölümcül ve kovuculuk etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar 1 yıkama sonunda 1 saat içinde permithrin uygulanmış kumaşların %93.33 oranında sivrisinek öldürdüğünü ayrıca öldürücü etkinin 55 yıkama sonunda kaybolduğunu göstermektedir. Ayrıca 24 saat içinde permithrin uygulanmış kumaşların böcek öldürücülüğü %100' dür (Sukumaran vd., 2014). Miller ve arkadaşları yazlık giysilere böcek kovucu ajan olarak permithrin applike etmiş ve bu giysilerin kenelere karşı kovuculuğu araştırılmıştır. Permithrin uygulanmış ayakkabıları giyen kişilerde kene yapışması 73.6 kat daha azdır. Permithrin uygulanmış şort ve T-şirtleri giyen kişilerde ise sırasıyla kene yapışması 4.47 ve 2.17 kat daha azdır (Miller vd., 2011).

6. MİKROKAPSÜLASYON TEKNOLOJİSİNİN TEKSTİL MALZEMELERİNE RENK DEĞİŞİMİ ÖZELLİĞİ SAĞLAMASINA YÖNELİK UYGULAMALARI

Fotokromik kompleksler ultraviyole ışık altında renk değiştirebilen komplekslerdir (Chowdhury vd., 2014). Renk değişimi fotokromik kompleksler içerisinde halka açılması/kapanması veya cis-trans izomeri sayesinde meydana gelmektedir (Kumbasar, 2015). Fotokromik kompleksler spiropyranlar, spirooksazinler, diariletenerler, azobenzenler, fotokromik kuinonlar, inorganik fotokromikler ve fotokromik koordinasyon bileşikler olarak sınıflandırılabilir (Anonim, 2015). Fotokromik komplekslerin aktif şekilde kullanıldığı ticari uygulamalar güneş gözlükleri, çeşitli bandroller ve boyalardır. Bunun yanında fotokromik kompleksler bilgi depolama ve kamuflaj amaçlı olarak da kullanılmaktadır (Chowdhury vd., 2014). Fotokromik komplekslerin tekstil sektöründe kullanımı değişik renk efekti elde etme, ultraviyole ışınlar karşı koruma ve kamuflaj sağlayabilme amacıyla olmuştur. Fotokromik komplekslerin tekstil materyaline aktarımı konvansiyonel yöntemlerle uygulanabildiği gibi mikrokapsülasyon teknolojisi ile uygun bir kabuk malzeme ile kapsülener de tekstil materyaline aktarılmaktadır. Zhou ve arkadaşları melamin formaldehit kabuk malzeme kullanarak 5 µm' den daha küçük fotokromik boya in situ polimerisasyonuna göre kapsüllemiştir. Elde ettikleri kaplama solüsyonun mikrokapsülleme işlemi sonunda alkali/asit, ışık ve yıkama dayanımını artırdığı sonucuna varılmıştır (Zhou vd., 2013). Feczko ve arkadaşları etil selülozu kabuk malzeme olarak kullanarak fotokromik boyayı kapsüllemiştir. Elde ettikleri mikrokapsülleri pamuklu kumaşlara aktarmışlar ve pamuklu kumaşların ultraviyole ışık altında renk değişimini incelemiştir. Fotokromik boya konsantrasyonun artışıyla pamuklu kumaşlarda renk değişiminin arttığını bulmuşlardır (Feczko vd., 2013). Feczko ve arkadaşları polimetil metakrilat ve etil selülozu kabuk malzeme olarak kullanmış ve fotokromik boyayı emülsiyon-solvent buharlaştırma yöntemine göre mikrokapsüllemiştir. Elde edilen kapsüllerin nano boyutta olduğunu saptamışlardır. Ayrıca boya konsantrasyonun artışıyla birlikte nano boyuttaki kapsüllerin ultraviyole ışınları absorblama miktarının arttığı sonucuna varılmıştır (Feczko vd., 2011).

7. SONUÇ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte fonksiyonel ürünlere olan talep artmaktadır. Tekstil sektöründe fonksiyonel ürün üretmeye yönelik birçok yeni teknik geliştirilmiş olup, mikrokapsülasyon teknolojisinin kullanımı da yeni teknikler arasında yer almaktadır. Mikrokapsülasyon teknolojisi ile tekstil materyallerine cildi yumuşaklaştıran ajanların aktarılması, kozmetik ürünlerin mikrokapsülener kişilerin vücuduna temas eden tekstil materyallerine aktarılması, anti-bakteriyel ajanların tekstil materyaline mikrokapsülasyon teknolojisi ile aktarılması, güç tutuşurluğun sağlanması, sıcaklık ayarı yapan ajanların tekstil materyaline aktarılması, termal regülasyon (düzenleyici) sağlanması ve fotokromik ajanların mikrokapsülasyon teknolojisi ile tekstil materyaline aktarılması mikrokapsülasyon teknolojisinin tekstil sektöründeki uygulamalarıdır. Mikrokapsülasyon teknolojisi ile

tekstil materyaline kazandırılan etkinin uzun süreli olması sağlanmaktadır. Mikrokapsülasyon teknolojisi ile uygulanan işlemin yıkamaya, sürtünmeye, ısıya, ortam şartlarına ve ışığa karşı dayanımı artmaktadır. Tüm bu etkilerden dolayı mikrokapsülasyon teknolojisinin tekstil sektöründe kullanımı umut vaat etmektedir.

KAYNAKÇA

Alonso, D., Gimeno, M., Sepulveda-Sanchez, J. D., Shirai, K., (2010), "Chitosan-Based microcapsules containing grapefruit Seed extract grafted onto cellulose fibres by a non-toxic procedure", *Carbohydrate Research*, 345 (6), 854-859.

Alkan C., Sarı A., Karaipekli A., Uzun O., (2009), "Preparation, characterization and thermal properties of microencapsulated phase change material for thermal energy storage", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 93,1, 143-147.

Anal, A.K., Singh, H., (2007), "Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery", *Trends in Food Science & Technology*, 18, 240-251.

Anonim (2015), <http://en.wikipedia.org/wiki/Photochromism>, Erişim Tarihi: 05.04.2015.

Aydın, A., A., Okutan, H., (2011), "High-chain fatty acid esters of myristyl alcohol with odd carbon number: Novel organic phase change materials for thermal energy storage", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 95(8), 2417-2423.

Badulescu, R., Vivod, V., Jausovec, D., Voncina, B., (2008) "Grafting of ethylcellulose microcapsules onto cotton fibers", *Carbohydrate Polymers*, 71(1), 85–91.

Balcı, H., (2006), "Akıllı tekstiller, seçilmiş kumaşlarda antibakteriyel apre ve performans özellikleri", Yüksek Lisans Tezi.

Brown, M., Hebert, A.A., (1997), "Insect repellents: An overview", *J. Am. Acad. Dermatol*, 9, 36-243.

Cai, Y., Gao, C., Xu, X., Fu, Z., Fei, X., Zhao, Y., Chen, Q., Liu, X., Wei, Q., He, G., Fong, H., (2008), "Electrospun ultrafine composite fibers consisting of lauric acid and polyamide 6 as form-stable phase change materials for storage and retrieval of solar thermal energy", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 103, 53-61.

Champagne, C.P., Fustier, P., (2007), “Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods”, *Current Opinion in Biotechnology*, 18 (2), 184-190.

Chen, Z., Shan, F., Cao, L., Fang, G., (2012), “Synthesis and thermal properties of shape-stabilized lauric acid/activated carbon composites as phase change materials for thermal energy storage”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 102, 131–136.

Cireli, A., Kutlu, B., Onar, N., Erkan, G., (2006), “Tekstil İleri Teknolojiler”, *Tekstil ve Mühendis*, 61, 7-20.

Chowdhury, M.A., Joshi, M., Butola, B.S., (2014),” Photochromic and thermochromic colorants in textile applications”, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 9 (1), 107-123.

Çimen, E., (2007), “Mikrokapsülleme yöntemi ile dokuma kumaşlara yeni özellikler katma olanakları”, *Yüksek Lisans Tezi*, 4-10.

Desai, K.G.H., Park, H.J., (2005), “Recent developments in microencapsulation of food ingredients”, *Drying Technology*, 23: 1361–1394.

Drusch, S., (2007), “Sugar beet pectin: A novel emulsifying wall component for microencapsulation of lipophilic food ingredients by spray-drying”, *Food Hydrocolloids*, 2, 1223–1228.

Ezhilarasi, P.N., Indrani, D., Jena, B.S., Anandharamakrishnan, C., (2013), “Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality”, *Journal of Food Engineering* 117, 513–520.

Faulde, M., (2006), “A new clothing impregnation method for personal protection against ticks and biting insects”, *International Journal of Medical Microbiology*, 296, (1), 225-229.

Feczko, T., Samu, K., Wenzel, K., Neral, B., Voncina, B., (2013), “Textiles screen-printed with photochromic ethyl cellulose–spirooxazine composite nanoparticles”, *Coloration Technology*, 129 (1), 18-23.

Fei, X., Zhao, H., Zhang, B., Cao, L., Yu, M., Zhou, J., Yu, L., (2015), “Microencapsulation mechanism and size control of fragrance microcapsules with melamine resin shell”, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Engineer Aspects*, 469, 300–306.

Feczko, T., Varga, O., Kovacs, M., Vidoczy, T., Voncina, B., (2011), "Preparation and characterization of photochromic poly(methyl methacrylate) and ethyl cellulose nanocapsules containing a spirooxazine dye", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 222 (1, 5), 293–298.

Giraud, S., Bourbigot, S., Rochery, M., Vroman, I., Tighzert, L., Delobel, R., (2001), "Flame behavior of cotton coated with polyurethane containing microencapsulated flame retardant agent", *Journal of Industrial Textiles*, 31 (1), 11-26.

Gupta, C., Chawla, P., Arora, S., Tomar, S.K., Singh, A.K., (2015), "Iron microencapsulation with blend of gum arabic, maltodextrin and modified starch using modified solvent evaporation method milk fortification", *Food Hydrocolloids*, 43, 622-628.

Güler, Z., Kut, D., (2011), "Poliester perdelik kumaşta ısı regülasyon sağlamaya yönelik mikrokapsül hazırlanması ve uygulanması", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16 (1), 105-115, 2011.

Hawlder, M.N.A., Uddin, M.S., Khin, M.M., (2003), "Microencapsulated PCM thermal-energy storage system", *Applied Energy*, 74, 195–202.

Hebeish, A., Fouda, M.M.G., Hamdy, I.A., El-Sawy, S.M., Abdel-Mohdy, F.A., (2008), "Preparation of durable insect repellent cotton fabric: Limonene as insecticide, *Carbohydrate Polymers*", 74(2), 268-273.

Huang, M., Yang, J., (2014), "Long-term performance of 1H, 1H', 2H, 2H' perfluorooctyl triethoxysilane (POTS) microcapsule-based self-healing anticorrosive Coatings", *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 25 (1), 98-106.

Hussey, V.C., Behrens, R., Logan, J.G., (2014), "Assessment of methods used to determine the safety of the topical insect repellent N,N-diethyl-m-toluamide (DEET)", *Parasites&Vectors*, 7, 173.

Javid, A., Raza, A.Z., Hussain, T., Rehman, A., (2014), "Chitosan microencapsulation of various essential oils to enhance the functional properties of cotton fabric", *J. Microencapsul.*, 31 (5), 461-468.

Kamel, M.M., El Zawahry, M.M., Ahmed, N.S.E., Abdelghaffar, F., (2009), "Ultrasonic dyeing of cationized cotton fabric with natural dye. Part 1: Cationization of cotton using Solfix E", *Ultrasonics Sonochemistry*, 16 (2), 243-249.

Karahan, H.A., Ozdogan, E., Demir, A., Kocum, I.C., Oktem, T., Ayhan, H., (2009), “Effects of atmospheric pressure plasma treatments on some physical properties of wool fibers”, *Textile Research Journal*, 79(14), 1260-1265.

Karaipekli, A., Sarı, A., Kaygusuz, K., (2007), “Thermal conductivity improvement of stearic acid using expanded graphite and carbon fiber for energy storage applications”, *Renewable Energy*, 32(13),2201-2210.

Katz, T.M., Miller, J.H., Hebert, A.A., (2008), “Insect repellents: Historical perspectives and new developments”, *The American Academy of Dermatology*, 865-871.

Karunamoorthi, K., Ilango, K., Endale, A., (2009), “Ethnobotanical survey of knowledge and usage custom of traditional insect/mosquito repellent plants among the Ethiopian Oromo ethnic group”, *Journal of Ethnopharmacology*, 9:125-224.

Kim, J., Cho, G., (2002), “Thermal storage/release, durability, and temperature sensing properties of thermostatic fabrics treated with octadecane-containing microcapsules”, *Textile Research Journal*, 72(12), 1093-1098.

Kim, S.S., Leem, S.G., Ghim, H.D., Kim, J.H., Lyoo, W.S., (2003), “Microwave heat dyeing of polyester fabric”, *Fibers and Polymers*, 4(4), 204-209.

Koç, M., Sakin, M., Ertekin, F., (2010), “Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 77-86.

Konuklu, Y., (2014), “Microencapsulation of phase change material with poly (ethylacrylate) shell for thermal energy storage”, *International Journal Of Energy Research*, DOI: 10.1002/er.3216.

Krasaekoopt, W., Bhandari, B., Deeth, H., (2003), “Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt”, *International Dairy Journal*, 13, 3–13.

Kumbasar, E. P. A., (2015), *E-Textile Magazine Dergisi*, http://www.e-textilemagazine.com/index.php?option=com_content&view=article&id=475:boyaboyatek&catid=145:arsiv&Itemid=534, Erişim Tarihi: 05.04.2015.

Kut, D., (2011), “Fonksiyonel bitim işlemleri”, *Fonksiyonel Bitim İşlemleri Ders Notları*.

Lee, H.Y., Lee, S.J., Cheong, I.W., Kim, J.H., (2002), “Microencapsulation of fragrant oil via in situ polymerization: effects of pH and melamine-formaldehyde molar ratio”, *Journal of Microencapsulation*, 19(5), 559-569.

Li, L., Song, L., Hua, T., Au, W.M., Wong, K.S., (2013), “Characteristics of weaving parameters in microcapsule fabrics and their influence on loading capability”, *Textile Research Journal*, 82 (2), 113-121.

Martin, M.J., Villoslada, F.L., Ruiz, M.A., Morales, M.E., (2015), “Microencapsulation of bacteria: A review of different technologies and their impact on the probiotic effects”, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 27, 15–25.

Meng, Q., Hu J., A, (2008), “Poly(ethylene glycol)-based smart phase change material”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 92,10,1260-1268.

Miller N.J., Rainone E.E., Dyer M.C., González M.L., Mathe T.N., (2011), “Tick Bite Protection with Permethrin-Treated Summer-Weight Clothing”, *Journal of Medical Entomology*, 48(2):327-333.

Monllor, P., Capablanca, L., Gisbert, J., Diaz, P., Montova, I., Bonet, A., (2010), “Improvement of Microcapsule Adhesion to Fabrics”, *Textile Research Journal*, 80(7), 631-635.

Nelson, G., (2002), “Application of microencapsulation in textiles”, *International Journal of Pharmaceutics*, 242, 55–62.

Nesterenko, A., Alric, I., Silvestre, F., Durrieu, V., (2013), “Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness”, *Industrial Crops and Products*, 42, 469–479.

Nesterenko, A., Alric, I., Violleaus, F., Silvestre, F., Durrieu, V., (2014), “The effect of vegetable protein modifications on the microencapsulation process”, *Food Hydrocolloids*, 41, 95-102.

Nunes, G.L., Boaventure, B.C.B., Pinto, S.S., Verruck, S., Murakami, F.S., Prudencio, E.S., Amboni, R.D.M.C., (2015), “Microencapsulation of freeze concentrated *Ilex paraguariensis* extract by spray drying”, *Journal of Food Engineering*, 151, 60–68.

Park, S.K., Kim, J.H.J., Nam, J.W., Phan, H.D., Kim, J.K., (2009), "Development of anti-fungal mortar and concrete using Zeolite and Zeocarbon microcapsules", *Cement and Concrete Composites*, 31 (7), 447-453.

Perelshtein, I., Ruderman, Y., Perkas, N., Beddow, J., Singh, G., Vinatoru, M., Joyce, E., Mason, T.J., Blanes, M., Molla, K., Gedanken, A., (2013), "The sonochemical coating of cotton withstands 65 washing cycles at hospital washing standards and retains its antibacterial properties", *Cellulose*, 20 (3), 1215-1221.

Pomianowski, M., Heiselberg, P., Jensen, R.L., (2012), "Dynamic heat storage and cooling capacity of a concrete deck with PCM and thermally activated building system", *Energy and Buildings*, 53, 96-107.

Rajam, R., Anandharamakrishnan, C., (2015), "Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* (MTCC 5422) with fructooligosaccharide as wall material by spray drying", *LWT - Food Science and Technology*, 60, 773-780.

Re, M.I., (1998), "Microencapsulation by spray drying", *Drying Technology*, 16(6), 1195-1236.

Rodrigues, S.N., Fernandes, I., Martins, I.M., Mata, V.G., Barreiro, F., Rodrigues, A.E., (2008), "Microencapsulation of limonene for textile application", *Indian Engineering Chemistry Research*, 47, 4142-4147.

Rodrigues, S.N., Martins, I.M., Fernandes, I.P., Gomes, P.B., Mata, V.G., Barreiro, M.F., Rodrigues, A.E., (2009), "Scentfashion®: Microencapsulated perfumes for textile application", *Chemical Engineering Journal*, 149 (1-3), 463-472.

Rosenberg, M., Kopelmant, J.I., Talmon, Y., (1990), "Factors Affecting Retention in Spray-Drying Microencapsulation of Volatile Materials", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38, 1288-1294.

Salaün, F., Devaux, E., Bourbigot, S., Rumeau, P., (2009), "Application of contact angle measurement to the manufacture of textiles containing microcapsules", *Textile Research Journal*, 79 (13), 1202-1212.

Samanta, K. K., Gayatri, T.N., Shaikh, A. H., Saxena, S., Arputharaj, A., Basak, S., Chattopadhyay, S. K., (2014), "Effect of helium-oxygen plasma treatment on physical and chemical properties of cotton textile", *International Journal of Bioresource Science*, 1 (1), 57-63.

Sarı, A., Karaipekli, A., (2007), "Preparation, thermal properties and thermal reliability of capric acid/expanded perlite composite for thermal energy storage", *Materials Chemistry and Physics*, 109(2-3), 459-464.

Sarier, N., Onder, E., (2012), "Organic phase change materials and their textile applications: An overview", *Thermochimica Acta*, 540, 7– 60.

Sathianarayanan M. P., Chaudhari B. M., Bhat N. V., (2011), "Development of durable antibacterial agent from ban-ajwain seed (*Thymus Serpyllum*) for cotton fabric", *Indian Journal of Fibre Textile Research*, 36, 234-241.

Shapiro, R., (2012), "Prevention of vector transmitted diseases with clove oil insect repellent", *Journal of Pediatric Nursing*, 27:346–9.

Siddiqui, M.O.R., Sun, D., (2014), "Computational analysis of effective thermal conductivity of microencapsulated phase change material coated composite fabrics", *Journal of Composite Materials*, 49(19) 2337-2348.

Sukumaran D., Sharma A.K., Wasu Y.H., Pandey P., Tyagi V., (2014), "Knockdown and repellent effect of permethrin-impregnated army uniform cloth against *Aedes aegypti* after different cycles of washings", *Parasitol Res.*, 113, 1739–1747.

Specos, M.M., Escobar, G., Marino, P., Puggia, C., Tesoriero, M.V.D., (2010), "Hermida, L., aroma finishing of cotton fabrics by means of microencapsulation techniques", *Journal of Industrial Textiles*, 40 (1), 13-32.

Tan, T.W., Hu, B., Jin, X.H., Zhang, M., (2003), "Release behavior of ketoprofen from chitosan/alginate microcapsules", *Bioactive and Compatible Polymers*, 2003, 18 (3), 207-218.

Teixeira, C.S.N.R., Martins, I.M.D., Mata, V.L.G., Barreiro, M.F.F., Rodrigues, A.E., (2011), "Characterization and evaluation of commercial fragrance microcapsules for textile application", *The Journal of The Textile Institute*, 103 (3), 269-282.

Thilavagathi G., Kannaian T., (2010), "Combined antimicrobial and aroma finishing treatment for cotton using microencapsulated geranium (*pelargonium graveolens*) leaves extract", *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 1(3), 348-352.

Vijayalakshmi D., Ramachandran T., (2012), "Isolates application of multi-functional finishes on denim garments", *Daffodil International University Journal of Science and Technology*, 7(1).

Wang, F. Z., Wanga, B., Ding, X. M., Zhang, M., Liu, L. M., Qi, N., Hub, J. L., (2004), "Effect of temperature and structure on the free volume and water vapor permeability in hydrophilic polyurethanes", *Journal of Membrane Science*, 241,1, 355-363.

Wu, K., Zhang, Y., Hu, W., Lian, J., Hu, Y., (2013), "Influence of ammonium polyphosphate microencapsulation on flame retardancy, thermal degradation and crystal structure of polypropylene composite", *Composites Science and Technology*, 81, 17–23.

Xu, Q., Geng, S., Dai, Y., Quin, G., Wang, J.Y., (2013), "CDBA-liposome as an effective sunscreen with longer UV protection and longer shelf life", *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 129, 78–86.

Yu, S., Wang, X., Wu, D., (2014), "Microencapsulation of n-octadecane phase change material with calcium carbonate shell for enhancement of thermal conductivity and serving durability: Synthesis, microstructure, and performance evaluation", *Applied Energy*, 114, 632–643.

Yuan, L., Gu, A., Liang, G., Wu, J., Wang, W., Sun, Z., (2009), "Novel Glass Fiber-reinforced Cyanate Ester/Microcapsule Composites", *Journal of Composite Materials*, 43(16), 1679-1694.

Zhang, Z., Zhang, N., Peng, J., Fang, X., Gao, X., Fang, Y., (2011), "Preparation and thermal energy storage properties of paraffin/expanded graphite composite phase change material", *Applied Energy*, 93, 426-431.

Zheng, Z., Yan, J., Sun, H., Cheng, Z., Li, W., Wang, H., Cui, X., (2014), "Preparation and Characterization of Microencapsulated Ammonium Polyphosphate and its Synergistic Flame-Retarded Polyurethane Rigid Foams with Expandable Graphite", *Polymer International*, 63(1), 84–92.

Zhou, Y., Yan, Y., Du, Y., Chen, J., Hou, X., Meng, J., (2013), "Preparation and application of melamine-formaldehyde photochromic microcapsules", *Sensors and Actuators B: Chemical*, 188, 502-512.

Araştırma Makalesi

TÜRKİYE OTOMOTİV YAN SANAYİNDE YALIN ÜRETİM UYGULAMASI

Alper KILIÇ¹

Berk AYVAZ²

ÖZ

Son yıllarda iş dünyasında hem bir tehdit unsuru hem de bir fırsat olarak görülen rekabet kavramı işletmeler için çok önemli hale gelmiştir. Günümüzde müşterinin etkin olduğu piyasada, firmalar rekabet üstünlüğü elde etme için daha esnek üretim ve iş süreçlerine sahip olmak zorundadırlar. Bundan dolayı işletmeler daha esnek olmak için yalın düşünceyi benimseyerek üretim sistemlerini iyileştirmektedirler. Yalın üretim, işletmelerin kaynak tüketip değer oluşturmayan her faaliyeti elimine ettikleri bir üretim sistemidir. Bu çalışmada otomotiv yan sanayinde bir ana ürün olan contaların üretim hattında yalın üretime yönelik bir analiz yapılmıştır. Çalışmada yalın üretim ile ilgili değer belirlenmesi, değer akışının haritalanması, çekme sistemi, 5S, SMED, tek parça akışı, hücresel imalat, kaizen, poka-yoke, toplam verimli bakım, kalite çemberleri, heijunka, shojinka gibi ilke ve teknikler Türkiye’de otomobil sektörü için conta üretimi yapan bir firmanın üretim sürecinde uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlarla yalın üretim sisteminin firmanın üretim sürecinde israfı azaltıp verimliliği artırma konusundaki etkinliğinin görülmesi sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: *Yalın üretim, otomotiv yan sanayi, conta.*

A LEAN MANUFACTURING APPLICATION IN TURKISH AUTOMOTIVE INDUSTRY

ABSTRACT

Recent years, the concept of competition, which is both an opportunity and a threat in the business world, has become very significant for companies. Today, in the market the customers are dominant, companies must have more flexible manufacturing and business process in order to gain competitiveness. That’s why companies adopt to lean thinking to improve their manufacturing process because of gaining competitive advantage. Lean manufacturing is a system that eliminates every process that does not add any value but consuming sources. In this study, an analysis is conducted for an application of lean manufacturing to the production line of gasket, which is a major product of automotive supply chain. The lean manufacturing techniques, such as value stream mapping, pull system, 5S, SMED, one piece flow, cellular manufacturing, kaizen, poka-yoke, total productive maintenance, quality circles, heijunka, shojinka etc. is applied for a firm which products gasket for Turkish automobile sector. Results show us lean manufacturing techniques decrease the waste in production process by increasing productivity.

Keywords: *Lean manufacturing, automotive industry, gasket.*

Makale Gönderim Tarihi: 30.11.2015

Makale Kabul Tarihi: 02.01.2016

¹*İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Küçükyalı, 34840, İstanbul, alperkiliç.ind@gmail.com*

²*İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Küçükyalı, 34840, İstanbul, bayvaz@ticaret.edu.tr*

1. GİRİŞ

Üretim, bireylerin sınırsız gereksinimlerini karşılamak için doğada mevcut olan kıt hammaddenin çeşitli prosesler yardımıyla nihai mal ve hizmete dönüştürüldüğü faaliyettir. Oluşturulan üretim sistemlerinin amacı ise bu faaliyetin bir sistem halinde gerçekleştirilerek, gerekli olan üretim faktörlerinin kullanılmasıyla; müşteriye sağlanabilecek maksimum tatmin düzeyinin sağlanmasıdır. Günümüze bakıldığında müşteriye sağlanan maksimum tatmin düzeyinde bir algı değişikliği olduğu görülmektedir. İlk olarak üreten kesimin azınlığı oluşturduğu dönemlerde üretilen her mal ve hizmet bir alıcı bulabilmekteyken; daha sonraları bu azınlık dengeye ulaşmış ve şu an üreten kesimin artışı müşteri isteklerini daha değerli hale getirmiştir. Müşteriler daha kaliteli ürünü daha ucuza elde etme, elde edilen bu ürüne de mümkün olduğunca daha kısa sürede ulaşmak istemektedirler.

Zaman içerisinde birtakım üretim sistemleri de bu iki parametreyi baz alarak oluşturulmuş ve birçok endüstri dalında kullanılmıştır. Çalışmada ise otomotiv endüstrisinde yer alan bir yan sanayi kuruluşu incelenerek yalın üretimin firmaya sağladığı avantajlar aktarılmıştır. Altı bölümden oluşan çalışmada ilk olarak yalın üretim hakkında kısa tanımlamalar yapılmıştır. Daha sonra yalın üretimin temel taşları incelenerek, diğer üretim sistemlerinden ayrılan yanları incelenmiştir. İlerleyen bölümlerde yalın üretimin beş temel ilkesi ve tekniklerinin neler olduğu anlatılmıştır. Türkiye'de yalın üretim sistemine yönelik yapılan araştırma ve sonuçlara değinilmiştir. Beşinci bölümde aktarılmış olan tüm teorik bilgiler fabrika bünyesinde değerlendirilerek, altıncı bölümde sonuçlara ulaşılmıştır.

2. YALIN ÜRETİM

Yalın üretim, kökenini oluşturan atölye ve kitle üretiminin bir sentezi olmanın yanı sıra, bu iki üretim sisteminin olumlu yanlarını içerisinde barındırırken; kitle üretiminin tekdüzelikliğini, atölye üretiminin de yüksek ürün maliyetini elimine eder. Yalın üretim, üretim sistemleri içinde zaman, kalite ve müşteri yönünden bir miladı oluşturmaktadır.

2.1. Yalın Üretim Nedir?

Yalın üretim, sistemdeki israfları ortadan kaldırmak ve sürekli olarak sistem etkinliğini artırma temeline dayanan bütünsel bir yaklaşımdır. Taiichi Ohno (1988), israfı "kaynak tüketen fakat değer yaratmayan bir faaliyet olarak tanımlamıştır. Başka deyişle, değer katmayan ama maliyet yaratan bir faaliyettir. Henry Ford ise "değer katmayan her şeyi israf olarak tanımlamıştır" (Suzaki, 1987; Birgün vd.; 2006).

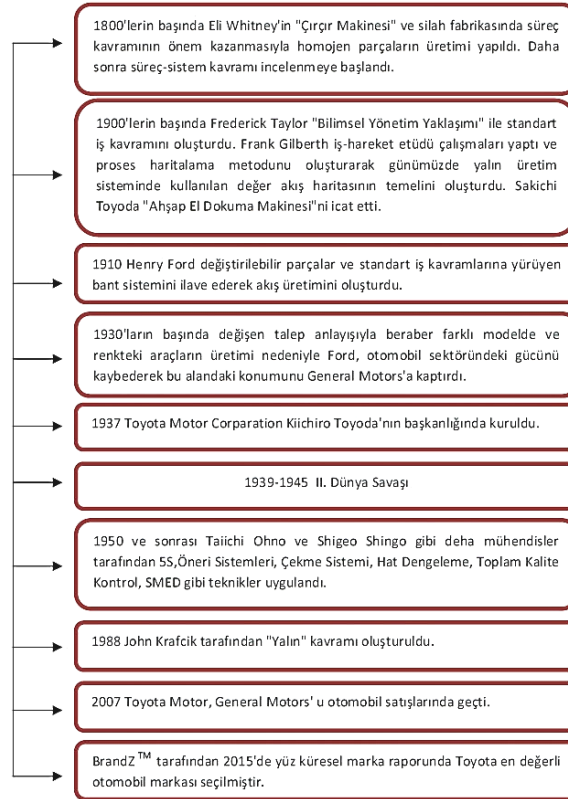
Yalın üretim birçok kaynaklarda "Tam zamanında üretim", "Toyota üretim sistemi" gibi tabirlerle de anlatılmaktadır. Fakat görülüyor ki yalın üretim, aslında bütün bu tabirleri içerisinde barındıran genel bir sistemdir. Şu ana kadar Toyota Motor Company dışında da birçok kişinin katkılarıyla günümüz yalın üretim sistemine

ulaşmıştır. Dolayısıyla "Toyota Üretim Sistemini", yalın üretimin temelini oluşturan bir sistem olarak kabul etmek yanlış olmaz. Tam zamanında üretim, akış tipi üretim; yalın üretimin amaçları arasında olan kavramlardır.

Tam zamanında üretim sistemi önemi gittikçe artan ve doğru uygulandığında işletme verimliliğini artıran bir üretim yaklaşımıdır. İsrafi, üretimin ve yönetimin her aşamasında yok etmeye, mümkün olan en az stokla ve hatayla üretim yapmaya, üretimde ve yönetimde sürekli gelişmeye odaklanan tam zamanında üretim sistemi, işletmenin verimliliğini artırarak maliyetlerini düşürür (Kanat ve Güner, 2006).

2.2. Yalın Üretimin Tarihsel Gelişimi

Yalın üretim tarihini esasen öncesinde oluşturulan sistemlerle birlikte aktarmak daha kavrayıcı olmaktadır. Şekil 2.1. de yalın üretimi oluşturan temel taşlar kronolojik sıra halinde verilmiştir.



Şekil 2.1. Yalın üretim tarihi kronolojik sıra

Toyota, günümüz başarısına 2014 yılındaki global satışlarını yüzde iki buçuk artırmış olması ile 10,2 milyona ulaşması sonucu kendi sektöründe birinci sırada yer almıştır (Toyota, 2015). Satışlarını bu denli artıran Toyota, yalın üretim ile bunun bir gereği olan müşteri ve çalışanına verdiği değer ile bu sonuca ulaşmıştır.

2.3. Yalın Üretimin Diğer Üretim Sistemleriyle Kıyaslanması

Yalın üretimin, atölye ve kitle üretimden oluştuğu belirtilmiştir. Dönemsel olarak yalın üretimin diğer üretim sistemleriyle kıyaslanması Tablo 2.1.'de verilmiştir (Arslan, 2008).

Tablo 2.1. Üretim tiplerinin kıyaslaması

Üretim	Zanaatlar Dönemi (1900+)	Saf Fordizm (1920'li Yıllar)	Fordizm Sonrası (1960'lı Yıllar)	Yalın Üretim (1980 +)
İş Standardizasyonu	Düşük	Yüksek, yöneticiler tarafından	Yüksek, yöneticiler tarafından	Yüksek, ekipler tarafından
Kontrol Alanı	Geniş	Dar	Dar	Orta
Stoklar	Büyük	Orta	Büyük	Küçük
Üretim Yapısındaki Gereksiz Unsurlar	Büyük	Büyük	Büyük	Küçük
Onarım Alanları	Küçük	Küçük	Büyük	Çok küçük
Ekip Çalışması	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek

2.4. Yalın Üretim Sisteminin İlkeleri

Yalın üretim sistemi ilkelerinin amacı imalatın yapıldığı ortamda yalın düşüncüyü oluşturmaktır.

Woehrle ve Abou-Shady (2010)'a göre bir işletmede yalın düşüncenin uygulanması için beş temel ilke vardır. Bu ilkeler şunlardır (Terzi ve Atmaca, 2011):

- ✓ Bir mamul hizmetinde müşteri değerlerinin ne olduğunun belirlenmesi yoluyla değerlerin tespiti (müşteri değeri)
- ✓ Değer akış süresince mamul yelpazesi veya belirli bir mamul için değer akışlarının belirlenmesi ve değer katmayan faaliyetlerin elimine edilmesi (değer akışı)
- ✓ Değer katan faaliyetler için sürekli akışın sağlanması yoluyla mamul veya hizmet akışının sağlanması (akış)
- ✓ Müşterinin ne istediği, stokların düzenlenmesi ve müşterilerin ne zaman istediğinin belirlenmesi yoluyla müşteriden başlayan bir çekme mekanizmasının oluşturulması (çekme sistemi)
- ✓ Sürekli yalın gelişimin sağlanması amacıyla mükemmellik için çalışmak (mükemmellik)

3. YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ

Üretimde yalınlaşma adına kullanılan belli başlı teknikler aşağıdaki gibidir:

- ❖ 5S
- ❖ Kanban sistemi
- ❖ SMED
- ❖ Tek parça akışı
- ❖ U tipi üretim hatları ve hücresele imalat
- ❖ Kaizen
- ❖ Poka-yoke
- ❖ Toplam verimli bakım
- ❖ Kalite ve yetkinlik çemberleri
- ❖ Heijunka
- ❖ Shojinka

Bu teknikler dışında elbette ilave yapılabilecek metotlar da bulunmaktadır. Burada fabrika bünyesinde kullanılan ve sonuçlara ulaşılan teknikler baz alınmıştır.

5S: 5S, işyeri temizlik ve düzenine çalışanların katılımını sağlayan, organizasyonlarda kaliteli bir çalışma ortamı yaratan ve bunun sürekliliğini gerçekleştiren sistematik yaklaşımdır. 5S yaklaşımının en büyük özelliği basit olması, dolayısıyla kolay uygulama alanı bulmasıdır. Diğer iyileştirme çalışmaları için zemin oluşturan 5S, bu bağlamda işyeri iyileştirmede öncelik taşıyan temel kavramlardır (Ercan, 2013). Mal veya hizmet üretilen firmada genel olarak belli bir düzen ve standartlaşmaya dayalı olan Japonca "S" harfiyle başlayan 5 faaliyetten oluşmaktadır.

- Seiri: Sınıflandır
- Seiton: Düzenle
- Seiso: Temizlik
- Seiketsu: Standartlaştır
- Shitsuke: Sürdür

Kanban Sistemi: Japonca kart anlamına gelen kanbanın işlevi fabrika içi akışı kontrol etmektir. Kanban, üretim hatları arasında çekmeyi ve tam zamanında üretimi sağlayan bir araçtır.

Kanbanın İşlevleri (Ohno, 2012):

- Sipariş ya da nakliye fişi yerine geçer.
- Üretim siparişi yerine geçer.
- Üretim fazlasının önlenmesini sağlar.
- Atölyelerdeki ürünlerin ihtiyacı karşılama garantisi eder.
- Hatalı üretimi önleyerek ürünlerin kalitesini garanti eder.
- Sorunlar belirlenir ve depo kontrol altında tutulur.

SMED, Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi: Üretimde esnekliği sağlamak ve çekme sistemini uygulayabilmek için üretim öncesi kalıp değişimi gibi birtakım hazırlık faaliyetleri standart hale getirilmelidir. Bunu sağlayan metot da SMED' tir. Bu teknik ile faaliyetlerin takım çalışması halinde yapılması ve içsel hale getirilmesi amaçlanır. Singh vd. (2010)'a göre, SMED çalışması sırasında ayar işleminin basitleştirilmesi ve standardizasyonu için metot çalışmaları, değer akış haritalama, sebep-sonuç analizi, pareto analizi gibi araçlardan faydalanılabilir. Bu aşamanın sonundaki değişiklikler ve standardizasyon ile birlikte toplam ayar süresinde yüzde doksan oranında düşüşün başarılması söz konusu olabilir. Ayrıca Pannesi (1995)'e göre daha hızlı gerçekleştirilen ayarlar her çeşit üretim sistemi üzerinde aşağıdaki etkileri yaratırlar (Tanık, 2010):

- ✓ Daha küçük üretim partileri ile üretimi olanaklı kılar
- ✓ Ayara bağlı hurdaları azaltır
- ✓ Ayar işçiliği maliyetlerini düşürür
- ✓ Üretim sistemini esnek hale getirir
- ✓ Ürün teslim süresini azaltır
- ✓ Üretkenliği ve makine kullanım oranlarını artırır
- ✓ İmalat maliyetini düşürür

Tek Parça Akışı: Üretim hattında ilk ürünün ilk prosese girip, son ürünün son prosesten çıkışına kadar makineler arasında senkronizasyonlu bir çalışmanın oluşturulduğu ve her bir adedin çevrimine, bitmiş ürün mantığıyla yaklaşıldığı tekniktir. Tek parça akışının uygulanma sebebi, imalat hattındaki israflardan biri olan ürünlerin süreçler arası gereksiz nakliyelerini ortadan kaldırmaktır. Art arda sıralanan makinelerin yerleşimine "süreç bazlı yerleşim" ya da "süreç bazlı hat" ve bu sayede parçaların süreçler arasında teker teker aktarılmasına da "tek parça akışı" denilmektedir (Okur, 2005).

U Tipi Üretim Hatları Ve Hücresel İmalat: Tek parça akış mantığıyla devam eden, ürünlerin nakliye israfı ile beraber çalışanların yürüme israflarının da elimine edildiği ve işgücünden daha fazla yararlanma doğrultusunda oluşturulan makine yerleşimleridir. Bu tarz üretim hatlarının kurulmasıyla bir operatör tek çevrimde birden fazla makinede işlem yapabilmektedir.

Kaizen: Üretimde en büyük israfın kullanılmayan insan aklı ve yeteneği olduğu düşüncesiyle sürekli iyileştirmenin amaç edildiği tekniktir. Kaizen olayı birçok şirket için yalın uygulamanın mihenk taşı olmuştur ve 'Toyota Yönetmelikleri' nde "Sonsuz yaratıcılık, meraklılık ve gelişim arayışı yoluyla zamanın önünde olun." sürekli vurgulanan bir düşünce haline gelmiştir (Liker ve Hoseus, 2008).

Poka-yoke: Ürün ve zaman israfını engellemede çalışanlar için birtakım uyarıcı sistemlerin üretim hattında oluşturulduğu mekanik ve mekanik olmayan metotlardır. Bu kavram Japon Mühendis Shigeo Shingo tarafından kullanılmıştır.

Toplam Verimli Bakım: Toplam verimli bakım en genel anlamda "tüm çalışanların katılımının ön görüldüğü, küçük grup faaliyetleri aracılığı ile gerçekleşen verimli

bakım” olarak tanımlanabilir. Toplam verimli bakım, üretim faaliyetleri içinde çalışanların tamamının katılımını gerektiren, operatörlere üzerinde çalıştıkları makine veya ekipmanın otonom bakım sorumluluğunu da getiren, arızaları önleyen ve ekipman etkinliğini en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. 1971 yılında, Japonya’da, Japon Fabrika Bakım Enstitüsü (JIPM: Japan Institute of Plant Maintenance) tarafından geliştirilen, toplam üretken bakım, toplam kalite yönetimi kavramından sıfır üretim hatası düşüncesini alıp bunu, hedefin sıfır arıza ve minimum üretim kayıplarına sahip olunan şekliyle benimsendiği anlayışıyla ekipmanlara uygulanmış bir metottur (Chaneski, 2002; Karaman, 2004; Chan vd., 2005; Görener ve Yenen; 2007). Yani toplam verimli bakım ile üretimde kullanılan makine ve teçhizatın maksimum verim alınır ve arızalardan kaynaklı hat duruşları önlenir.

Kalite ve Yetkinlik Çemberleri: Kalite çemberi, işgücünde mevcut olan yaratıcı gücü kavramaya yarayan bir yoldur. Daha bilimsel olarak tanımlanacak olursa aynı alanda çalışan bir grup işçinin, sorunlarını tartışmak, nedenlerini araştırmak, çözüm yolları önermek ve kendi yetki alanlarını kapsadığı zaman kurtarıcı önlemlere başvurmak üzere her hafta bir araya gelmesidir (Taşçı, 2010). Ayrıca üretimden bizzat sorumlu bu kişiler, imalatta kalite-kontrol faaliyetlerini yürüterek ve oluşan hatalarda beyin fırtınası, pareto analizi ve balık kılçığı gibi yöntemleri kullanarak çözüm üretirler.

Heijunka: Üretilen ürün siparişlerinde her ürünün dengeli adetlerde üretildiği ve müşterinin talebine göre belirlenen üretimin planlandığı metottur. Liker (2004)’e göre heijunkanın birincil ve en önemli işlevi, üretimin talep değişikliklerine, hesapta olmayan bitmiş ya da işlenmekte olan ürün stoku ile karşılamaksızın kolayca adapte olabilmelerini sağlamaktır. Ayrıca, aynı hatta birden fazla modelin veya ürünün monte edilmesi, gereken toplam hat sayısını ve dolayısıyla toplam fabrika alanını da azaltır (Meriç, 2011).

Shojinka: Üretimde kullanılan işgücünün imalat hatlarında dengelendiği ve çalışan her bireye kalifiye kazandırmanın hedeflendiği yöntemdir. İşin özünde operatörler, ihtiyaç olunan üretim hatlarında rotasyon durumlarıyla takviye işgücü niteliğinde kullanılır.

4. TÜRKİYE’DE YALIN ÜRETİMLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ

Bu kısımda Türkiye’de yalın üretimle ilgili yapılan otuz adet çalışma incelenmiştir. Yapılan çalışmalar Tablo 4.1. de özet tabloda sunulmuştur.

Tablo 4.1. Literatür özet tablosu

Yazar	Kullanılan Metot	Uygulama Alanı/Sektör
Sevimli (2005)	Genel İlkeler ve Teknikler	Otomotiv
Ersoy (2007)	SMED	İmalat (Metal Sanayi)
Arslan (2008)	Genel İlkeler ve Teknikler - REFA	Otomotiv
Ertürk ve Özçelik (2008)	Değer Akış Maliyetleme	Maliyet Yönetimi, Maliyet Analizi
Aydın (2009)	Değer Akış Haritalama	Otomotiv
Demir (2009)	Toplam Üretken Bakım, SMED	Arçelik A.Ş. Çamaşır Mak. İşl.
Kazıcıoğlu (2009)	Genel İlkeler ve Teknikler	İmalat (Lastik Fabrikası)
Tekerci (2009)	Genel İlkeler ve Teknikler	İmalat
Taşçı (2010)	Genel İlkeler ve Teknikler	Genel
Daşçı (2010)	Simülasyon	Mobilya
Türkan (2010)	Genel İlkeler ve Teknikler	Genel
Tanık (2010)	Altı Sigma, SMED	Otomotiv
Terzi ve Atmaca (2011)	Değer Akış Maliyetleme	Genel
Çobanoğlu (2011)	Genel İlkeler ve Teknikler	Otomotiv
Özfındık (2011)	Genel İlkeler ve Teknikler	Gıda
Meriç (2011)	KKP ve Yalın Üretim Teknikleri	Genel
Şengül (2011)	5S, Değer Akışı	İmalat
Hülagü (2011)	SMED	İmalat
Özveri ve Çakır (2012)	Altı Sigma	Jant Üretim İşletmesi
Kaymakçı (2012)	5S	Hizmet
Küçükuysal (2012)	Genel İlkeler ve Teknikler - ERP	Otomotiv
Bulut (2012)	Genel İlkeler ve Teknikler -ERP	Otomotiv ve İmalat
Özçelik (2013)	Değer Akış Maliyetleme	Genel
Aksu (2013)	Genel İlkeler ve Teknikler	Otomotiv
Aktaş (2013)	Değer Akış Maliyetleme	Genel
Bırakmaz (2013)	Genel İlkeler ve Teknikler	16 Farklı İşletme
Berber (2013)	Genel İlkeler ve Teknikler	İmalat
Uçan (2014)	Genel İlkeler ve Teknikler	Otomotiv Yan Sanayi
Ergüneş (2014)	Değer Akış Haritalama	İmalat
Bilget (2015)	Simulasyon	Tekstil

İncelenen çalışmalara göre yalın üretim sisteminin otomotiv ve otomotiv yan sanayi sektöründe ağırlıkta olmasıyla beraber diğer imalat ve hizmet sektörlerinde de uygulandığı görülmektedir. Ayrıca literatürde yer alan çalışmalara konu açısından bir değerlendirme yapıldığında yalın üretimde kullanılmamış birçok metot bulunabilmektedir. Bu metotların bir veya ikisi birlikte çalışmalarda ayrıntılı olarak incelenmişken, birçoğunun tek bir çalışmada incelendiği de gözlenmiştir. "Genel İlkeler ve Teknikler" olarak nitelendirilen bu kategoride tam zamanında üretim, kanban, 5S, smed, kaizen, toplam üretken bakım, hücresel imalat, poka-yoke, hoshin-kanri, heijunka, shojinka, değer akış haritalama gibi maddeler bulunmakla birlikte, çalışmaların uygulama kısımlarında tüm yalın üretim tekniklerinin bir arada uygulamasını ele alan bir çalışmanın olmadığı görülmüştür.

5. UYGULAMA

Uygulamanın yapıldığı Royal Conta Sanayi ve Ticaret A.Ş. İstanbul Dudullu Organize Sanayi'de tek şubesi olan ve yüzde yüz Türk sermayeli firmadır. Bünyesinde yüze yakın kişi olan firma 1978' de kurulmuştur. Avrupa'nın büyük conta firmalarına fason imalat yapmasının yanı sıra, çoğu Avrupa ülkeleri olmak üzere yirmiye yakın ülkeye ihracat yaparak, ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır.

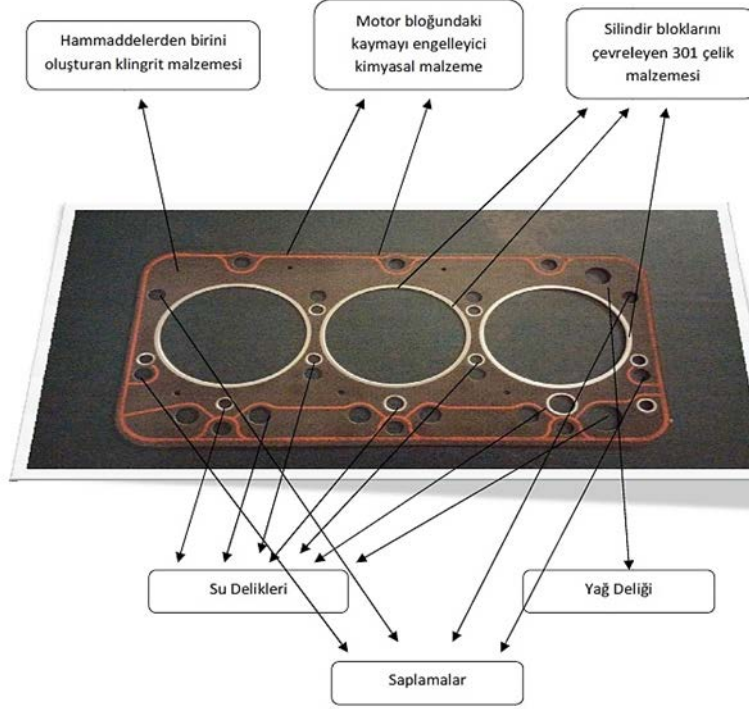
Bu kısım, yalın üretimin beş ilkesinin ve tekniklerinin ayrı olarak incelendiği iki ana bölüm halinde değerlendirilmiştir. Beş ilkenin ne olduğu tam olarak kavrandığında, uygulanan tekniklerin ne amaçla yapıldıkları da kolayca anlaşılacaktır.

5.1. Tekniklerden Önce Temel İlkeler

Firma bünyesinde ilkeler, imalat hattında ne olup bittiğini ve neye ulaşılacak istendiğini göstermek için bir rehber niteliğinde kullanılmıştır.

a) İsrafi görmek için değer

Otomotiv contacılığında temel olarak kullanılan sızdırmazların başında silindir kapak contası gelmektedir. Şekil 5.1.'de üç silindirli bir traktör contası görülmektedir.



Şekil 5.1. Silindir kapak contasını oluşturan unsurlar

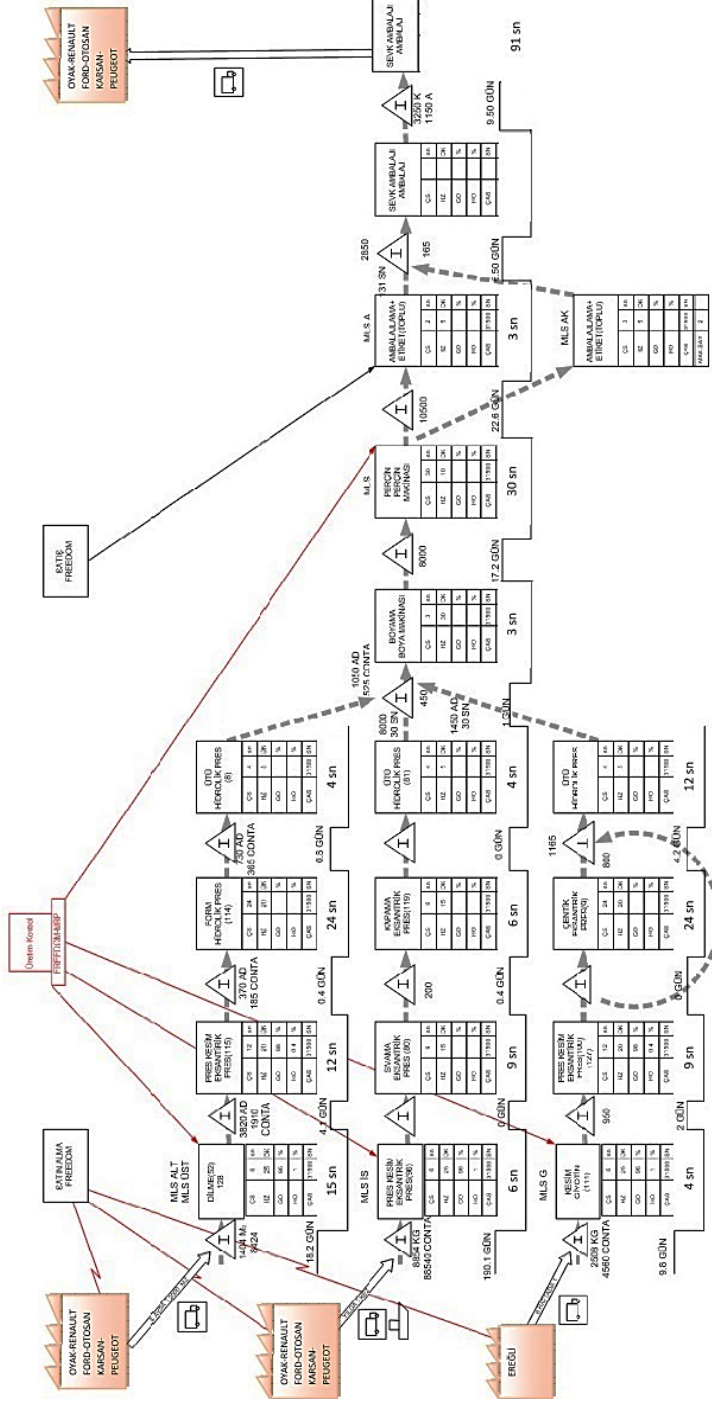
Şekil 5.1'e bakıldığında ilk olarak klingrit malzemesi göze çarpmaktadır. Bunu takiben silindir bloklarının çevrelendiği teneke veya bazı ürünlerde "301 Çelik" olarak da adlandırılan yüzükler görülmektedir. Ürünün ham halinden son haline gelinceye kadar üzerinden geçen her süreçte öncelikle müşteri yönünden değerin hangi faaliyetlerden oluştuğunu belirlemek gerekir. Çünkü müşteriye yüklenilemeyen fakat üretimde gerçekleştirilen her faaliyet israftır. Üretimin yapıldığı esnada bu israflardan biri ürünün bir aşamadan diğer aşamaya geçişini sağlayan nakliye faaliyetleridir. Dolayısıyla öncelikle bunun gibi faaliyetleri belirlemek ilk aşamadır. İsrafın ne olduğunu bulma amacıyla günlük yapılan her işlem sırasıyla ve ayrıntılı olarak incelenip ne sebeple yapıldığı sorgulanmalıdır.

a) Var olan israfı ölçmek için değer akış haritalama

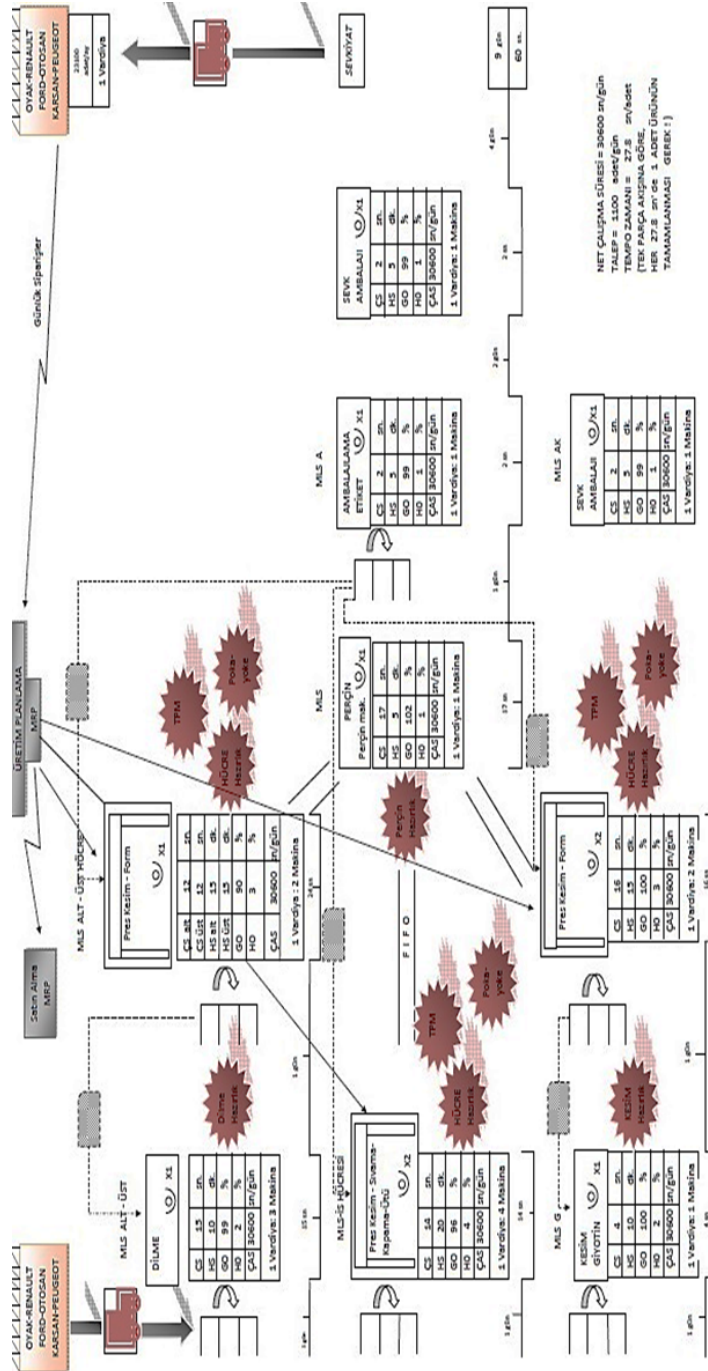
Değer akış haritalarının hazırlanmasında öncelikle mevcut üretim hattı üzerinde bir ürün grubu seçilip, bu ürünün üretim hattı içindeki sınırları belirlenir. Daha sonra hangi lokasyonlarda ne gibi proseslerin olduğu resmedilip, her bir lokasyondan birtakım nicel verilere ulaşılır. Çok katlı çelik conta (MLS) hattı için elde edilen bu veriler çevrim süresi, hazırlık süresi, planlanan adetlere bağlı olarak gerçekleşme oranı, üretim faaliyetleri içerisindeki hazırlık oranı, gün içindeki çalışılan süre, kaç kişinin kaç makinede kaç vardiyada çalıştığı gibi değerlerden yola çıkılır. Şekil

5.2.'de mevcut durumda itme sistemi uygulandığı ve süreçler arası stokların varlığı resmedilmişken, Şekil 5.3.'de çekme sistemi uygulanan ve hücrelerin oluşturulduğu yalın üretime doğru hattın değiştiği görülebilmektedir. İlave olarak bununla yetinmeyip hala birtakım hazırlık faaliyetlerinin iyileştirilmesi gerektiği gelecek durum haritasında belirtilen diğer bir unsurdur. Üretim hattında gelecek duruma ulaşıldığında artık o da bir mevcut durum olduğundan bu tarz haritalar, devam ettirilmesi gereken uygulama planlarıdır.

Silindir kapak contasıyla benzer işlemlere sahip çok katlı çelik contasının alt ve üst tabakası için ilk üretim hattında sırasıyla giyotin kesim, pres kesim, form yani şekil verme işlemi ve ütü işlemleri yapılır. Aynı süre zarfında, MLS' nin orta katmanı için diğer üretim hatlarında da benzer işlemler gerçekleştirilir. Daha sonra üç ayrı üretim hattından çıkan ürünler boya makinesi ve perçin işlemine doğru hareket eder. Perçin, MLS için montaj hattının son aşamasını oluşturur ve ayrı olan malzemelerin birleştirilip tek ürün haline getirildiği lokasyondur. Bu işlemlerin devamında contaların ambalajlama işlemi gerçekleştirilerek, sevkiyata hazır hale getirilir. Gelecek durum haritasında bu faaliyetler gerçekleştirilirken birbiri ardı sıra kullanılan makineler hücre oluşturularak alandan ve zamandan tasarruf edilmiştir. Ayrıca lokasyonlar arası süpermarketler kurularak üretim hattında müşteri siparişine göre çekme faaliyetleri yapılmaktadır.



Şekil 5.2. Çok katlı çelik conta üretiminde mevcut durum haritası



Şekil 5.3. Çok katlı çelik conta üretiminde gelecek durum haritası

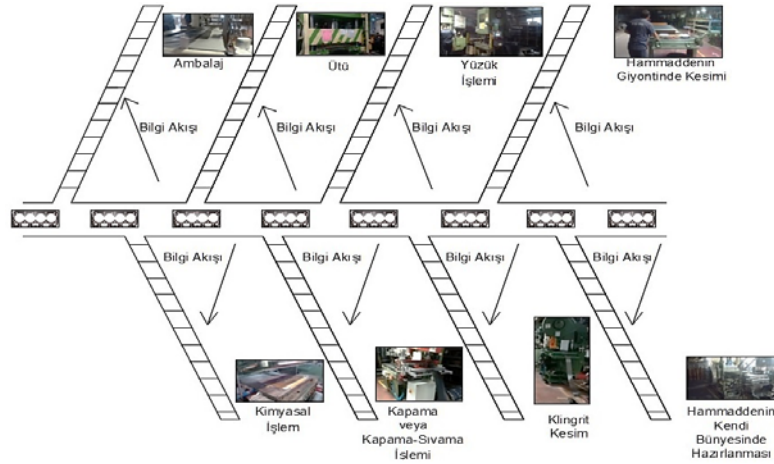
Yapılan iki harita sonucunda belli kategorilerde elde edilen bilgiler Tablo 5.1.'deki gibidir.

Tablo 5.1. MLS hattı kıyaslama

Kategori	Mevcut Durum	Gelecek Durum
MLS Hattı İçin Gerekli Operatör Sayısı	16	10
Talep Edilen Ürün Adedi	464	1100
Takt Hedefi (sn)	67.9 sn	27.8 sn
Çevrim Süresi (sn)	91 sn – 61 sn – 85 sn	60 sn
Vardiya/Net Çalışma Süresi	1/31500 sn	1/30600 sn

b) Akış

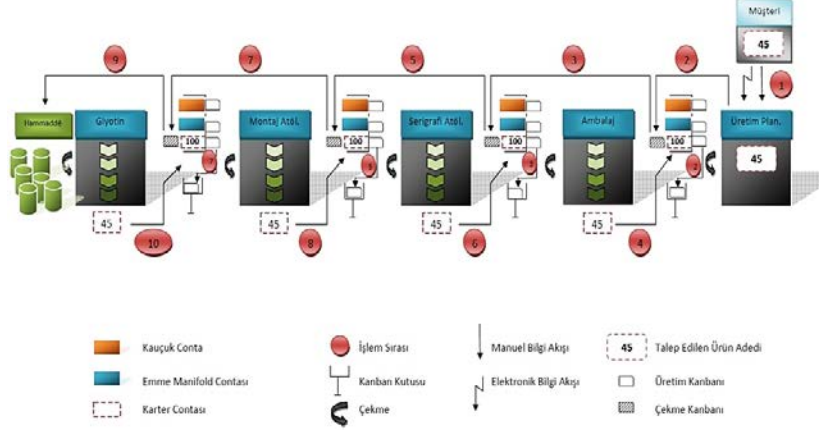
Tam zamanında üretimin tam anlamıyla gerçekleşebilmesi, üretimde kusursuz bir akışın varlığı ile sağlanır. Böyle bir ortam da sıfır hata, sıfır stok, sıfır israf ve çekme faaliyeti ile olur. Üretimin gerçekleştirildiği fabrikada bu kadar kusursuz bir akış, şu an için sağlanamamıştır; fakat ulaşılmak istenen temel hedef bunun üzerindedir. Şekil 5.4.'de amaç edinilen üretim ve bilgi akışının tam olarak uygulandığı durum verilmiştir.



Şekil 5.4. Değerin belirlendiği, değer akışının haritalandığı ve kusursuz akışın sağlandığı üretim hattı

c) Çekme

Yalına ulaşmak için üretimde paradigma olacak önemli bir konu da; nihai kullanıcının isteğinden, ilk işlemin yapıldığı aşamaya doğru bilgi akışının yayılmasını sağlayan çekme faaliyetidir. Fabrika bünyesinde çekme ve itme sisteminin bir sentezi olan "Conwip" sistemi ile pilot bir bölgede bazı ürünler için çift karth çekme sistemi uygulanmaktadır. Her iki metotta üretim akışını başlatan



Şekil 5.6. Üretim hattında uygulanan çift kanbanlı metot

d) Mükemmellik

Mükemmel kavramının, üretim faaliyetinde bulunan kişiler tarafından çok farklı tanımları yapılabilir. Esas olan bu kavramın öznel yaklaşım yerine, herkes tarafından kabul gören objektif bir çerçeve etrafından bilinmesi ve üretimde uygulanmasıdır. Araştırmanın yapıldığı fabrikada yalın teknikler uygulanarak günden güne mükemmel çıktılara ve niceliksel olarak artan oranda stok devir hızlarına ulaşılmaktadır. Firma açısından önemli olan stok devir hızları çalışmada paylaşılmamıştır.

5.2. Yalın Üretim İçin Teknikler

İlkelerden sonra yalınlaşma adına üretim hattının durumuna göre birtakım teknikler kullanılır. Bu teknikler imalat ortamında düzenin sağlandığı, hazırlık sürelerinin minimum tutulduğu, sipariş sevkiyatının tam zamanında gerçekleştiği, sürekli iyileşme ve katılımın sağlandığı, üretim ile işgücünün dengelendiği bir ortam oluşturma amacıyla uygulanmaktadır.

a. 5S

Malzemelerin ve kullanılan aletlerin üretim esnasında kolayca bulunabilmesi ve zaman israfını ortadan kaldırmada önemli bir teknik olan 5S, imalatta düzen ve standartlaşmayı beraberinde getirir. Şekil 5.7.'de hammaddelerin yerleştiriliş biçimi ve yapılan sınıflandırma görülmektedir.



Şekil 5.7. Malzemelerin belli bir nizamaya uygun şekilde yerleştirilmesi

b. Kalıp değişim faaliyetlerinde akış, SMED

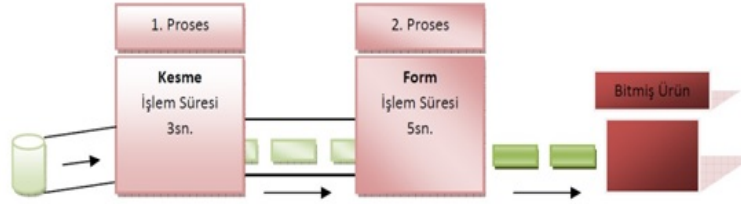
Üretim öncesi yapılan kalıp değişimlerinde öncelikle presin durduğu ve çalıştığı esnada yapılan faaliyetler, içsel ve dışsal faaliyet halinde ikiye ayrılmıştır. İçsel faaliyetten kasıt, makine durduğu esnada gerçekleşirken; dışsal faaliyet, makine çalışır durumdayken yapılan faaliyetlerdir. Bu teknik ile birtakım hareket ve zaman etütleri yapılarak her bir faaliyet ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar ve uygulanan SMED tekniğiyle dört presin kalıp değişim süreleri yirmi ay boyunca gözlenmiştir. Başlangıçtan şu ana kadar ilk preste yüzde otuz üç, ikinci preste yüzde on, üçüncü preste yüzde yirmi beş ve dördüncü preste yüzde on dokuzaya yakın süre israfları giderilmiştir. İçsel ve dışsal olarak ayrılmış faaliyetlerden biri Şekil 5.8.'de verilmiştir. Burada kalıp değişimi yapılmadan önce bir sonraki ürün için çelik kalıbın raftan getirilerek hücrede hazır tutulduğu görülmektedir. Ek olarak bitmiş çelik kalıbı da almak için boş forklift de bulundurulmaktadır.



Şekil 5.8. Değişim öncesi çelik kalıbın hazır tutulması

c. Tek parça akışı

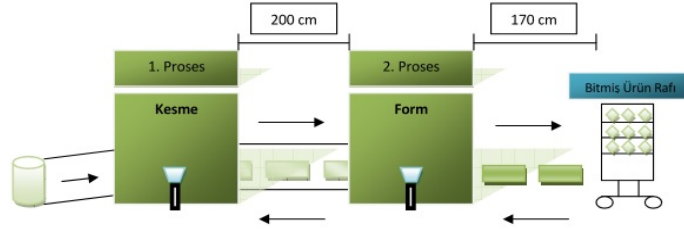
Taiichi Ohno tarafından ilk defa kullanılan bu teknik aslında ilk zamanlar sadece son montaj hattına özgü kullanılan bir metotken, daha sonra fabrikada üretim faaliyetlerini gerçekleştiren tüm alanlarda uygulanması gereken ve uygulanan bir teknik haline gelmiştir. Üretim yapılan fabrikada tek parça akışının gerçekleştiği bir üretim hattının minyatürü Şekil 5.9.'da verilmiştir.



Şekil 5.9. İki işlemlilik, farklı süreli tek parça akışı üretim hattı

d. Hücre modelleri ve U tipi imalat

İşçi-makine sistemlerinde tek parça akışında zamandan elde edilen tasarruf ile yetinmeyip, durum biraz daha ayrıntılı incelendiğinde makine yerleşim şekilleri de ayrı bir önem kazanmaktadır. Şekil 5.9.'da üretim hattındaki lokasyonlar arası uzaklıklar göz önünde bulundurularak aslında her üretim için ne kadar yürüme israfı olduğu da Şekil 5.10.'da açığa çıkmıştır.



Şekil 5.10. İşçi-makine sistemlerinde üretilen her bir conta çevriminde yaşanan yürüme israfları

Üretim hattının şu anki yerleşimi ise şekil 5.11.'de verilmiştir. Operatörün her çevrimde kat ettiği yedi yüz kırk santimetrelilik lokasyonlar arası mesafe, azaltılarak işgücü ve süreden tasarruf sağlanmıştır.



Şekil 5.13. Ahşap kombine kalıp

f. Hata önlemede poka-yoke

Yalın düşüncenin hakim olduğu imalatta çalışan her birey en ufak hatanın müdahale edilmediği sürece beraberinde büyük sorunlar getireceğini bilmektedir. Bu sebeple üretimde yer alan operatörlerin birtakım uyarıcı ve ikaz metotlarıyla hata yapması önlenmektedir. Şekil 5.14.'de damga ayarı yapılan kalıbın yanlış yerleştirilmemesi amacıyla sütunların tasarımı görülmektedir. Yanlış yönde yerleştirilen kalıp hem üretimi aksatmakta; hem de kalıbın kendisi zarar görmektedir.

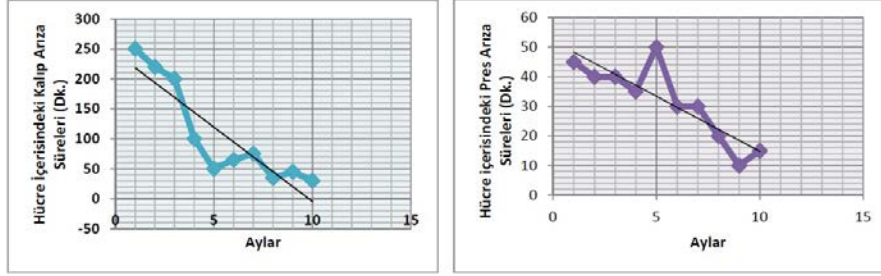


Şekil 5.14. Çelik kalıptaki demir sütunların asimetrik ölçülerde konumlandırılması

g. Toplam verimli bakım

Fabrikadaki işçi-makine sistemlerinde kullanılan preslerin bakımı, ürünün kalitesini etkileyen en önemli unsurdur. Ayrıca ufak bir hatadan doğacak sorun, birbiri ile senkronizasyonlu çalışan tüm makinelerin işlevini istenilen sürede yerine getirememesine sebep olmaktadır. Toplam üretken bakım faaliyetlerinin bizzat üretimi gerçekleştiren operatörler tarafından yapılması işe olan aidiyetlik duygusunu geliştirmektedir. On aylık gözlem sonucunda ne oranda başarı sağlandığı Şekil

5.15.'de belirtilmiştir. Şekil 5.15'deki beşinci aydaki ani değişimler operatör ve çalışan kişilerin rotasyonu sonucundaki dikkat farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

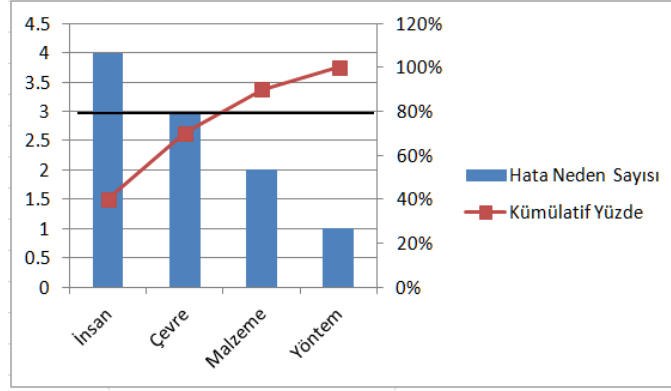


Şekil 5.15. Kalıp ve pres arıza süreleri

İmalat içerisinde bu tip faaliyetlerin nasıl uygulandığına bakılırsa, günlük üretime başlamadan evvel ve vardiya sonlarında her operatör tarafından on beş dakikalık sürelerle kullanılan makine ve teçhizatın bakımı gerçekleştirilmektedir. Buna ek olarak haftalık çalışma süresinde belirlenen bir günde periyodik olarak genel bakımlar yapılmaktadır. Şekil 5.16'da periyodik bakımı yapılan presler ve Şekil 5.17.'de haftalık ve günlük bakım raporu görülmektedir.



Şekil 5.16. Periyodik bakımları yapılan presler



Şekil 5.18. Hataların pareto analizi

Bu diyagrama göre de öncelikle insan ve devamında sırasıyla çevre, malzeme, yöntem ile ilgili hata nedenleri üzerine gidilerek sorunların çözülmesi sağlanmıştır. İnceleme sonucunda pres operatörünün yalın düşüncedeki kalite anlayışını benimsememesi kök nedenine ulaşılmıştır. Bunun için üretim performansına dayalı birtakım teşvik amaçlı ödül sistemleri kalite çemberleri tarafından uygulamaya geçmiştir.

i. Üretim miktarları için heijunka

Firma bünyesinde üretilen yaklaşık on beş bine yakın conta türü mevcuttur. Kilit nokta bu ürünlerden talep frekansları yüksek ürünlerin ne miktarda üretilileceğidir. Amaç müşterinin istediği zamanda istediği miktarda ürün teminidir. Bunu yapabilmek için fabrikanın silindir kapak contaları için bir ay önceden siparişi verilen ürünlerin; siparişe göre aylık üretim planı Şekil 5.19.'da, üretimin dengelendiği ve hazırlık faaliyetlerinin standartlaştırıldığı dengeli üretim Şekil 5.20.'de verilmiştir. Şekillerdeki her bir renk araç markaları yönünden ayrı bir silindir kapak contasını temsil etmekte ve firma açısından stratejik bir öneme sahip olmasından silindir kapak contalarının hangi araca ait olduğu ifade edilmemiştir. SKC'ler için günlük üretim kapasitesi iki bin adet, siparişi gerçekleştirilecek aylık toplam üretim ise yirmi sekiz bin adettir.

Tarih	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Toplam		
Royal No-Müşteri																																	
SKC Müşteri 1	200	200	200	200			200	200	600	600	600			180	180	180	350	350	350			350	350										
SKC Müşteri 2	350	350	350	350			350	350	600	600	200			180	180	180	350	350	350			350	350										
SKC Müşteri 3	450	450	450	450			450	450	50	50	50			200	200	200	250	250	250			250	250										
SKC Müşteri 4	200	200	200	200			200	200	80	80	150			200	200	200	150	150	150			150	150										
SKC Müşteri 5	750	750	750	750			750	750	500	500	500			175	175	175	60	60	60			60	60										
Günlük Üre. Düz.	1870	1870	1870	1870			1870	1870	1830	1830	1580			1135	1135	1135	1190	1190	1190			1190	1190										

Şekil 5.19. Sipariş miktarları belirlenen silindir kapak conta miktarları

Tarih	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Toplam
Royal No-Contla	Salı	Çarş	Pers	Cum	Cum	Pazar	Salı	Çarş	Pers	Cum	Cum	Pazar	Pazar	Salı	Çarş	Pers	Cum	Cum	Pazar	Pazar	Salı	Çarş	Pers	Cum	Cum	Pazar	Pazar	Salı	Çarş	Talep	
	313	313	313	313			313	313	313	313	313			313	313	313	313	313	313		313	313						313	313	6260	
	104	104	104	104			104	104	104	104	104			104	104	104	104	104	104		104	104						104	104	2080	
	15	15	15	15			15	15	15	15	15			15	15	15	15	15	15		15	15						15	15	300	
	95	95	95	95			95	95	95	95	95			95	95	95	95	95	95		95	95						95	95	1900	
	241	236	236	236			236	236	236	236	236			236	236	236	236	236	236		236	236						236	236	4725	
	241	241	241	241			241	241	241	241	241			241	241	241	241	241	241		241	241						241	241	4620	
	35	35	35	35			35	35	35	35	35			35	35	35	35	35	35		35	35						35	35	1100	
	35	35	35	35			35	35	35	35	35			35	35	35	35	35	35		35	35						35	35	700	
	161	161	161	161			161	161	161	161	161			161	161	161	161	161	161		161	161						161	161	3220	
	7	8	7	8			7	8	7	8	7			8	7	8	7	8	7		8	7						8	7	150	
	75	75	75	75			75	75	75	75	75			75	75	75	75	75	75		75	75						75	75	1500	
	36	36	36	36			36	36	36	36	36			36	36	36	36	36	36		36	36						36	36	720	
	26	31	26	26			26	26	26	26	26			26	26	26	26	26	26		26	26						26	26	525	
Günlük Üre. Düz.	1404	1405	1399	1400			1399	1400	1399	1400	1399			1400	1399	1400	1399	1400	1399		1400	1399	0	0	0			1400	1399	1400	28000

Şekil 5.20. Üretimin dengelendiği durum

Görüldüğü gibi Şekil 5.19.'a göre üretim yapılması müşterinin siyah renk tarafından veya mor renk tarafından temsil edilen contaya ayın on dördüncü gününden önce ulaşamayacağını göstermektedir. Müşteri bazlı değil de; ürün bazlı yaklaşılana dengeli üretimin yapıldığı Şekil 5.20.'de ise hazırlık faaliyetlerinde belli oranda performans düzeyine gelmiş firmada günlük on üç defa kalıp değişikliğiyle siparişler yapılmaktadır. Sipariş miktarları değişen ürünler olduğunda üretimin yoğunluk kazandığı ürüne ağırlık verilip, üretimin azaldığı ürünün de günlük miktarları düşürülerek toplam üretim kapasitesinde durulmaya çalışılır. Şekil 5.20'deki planlama ile yapılan ürünlerin siparişinde herhangi bir sorun yaşanmamakla birlikte, talep frekansı düşük ürünlerde ise tahmin metotlarıyla üretim yapılarak küçük miktarlarda emniyet stokları tutulmaktadır.

j. İşgücünü dengelemede shojinca

Heijunka ile talep frekansı yüksek ürünlerde ve değişen talep durumlarında üretim miktarlarının nasıl belirleneceği aktarılmıştır. Yine değişen olası talep durumlarında, işgücünü farklı üretim hatları arasında dengeli kullanmak da shojinca olarak adlandırılır. Bu kavramın oluşturulması için operatörlerin birden fazla ürünün üretimiyle ilgili bilgi ve beceri sahibi olması gerekmektedir. Yalnız düşüncenin benimsendiği firmada bu durum operatörlerin her biri açısından hazırlanan Şekil 5.21.'deki yetkinlik tablosuyla görülmektedir. Bu yöntemle çalışanlar hem motive edilmekte; hem de sipariş miktarlarının yoğun olmadığı günlerde kendilerini geliştirmelerine imkan verilmektedir. Aynı zamanda puan sistemi ve ödül sistemi uygulanan bu teknikte çalışan her birey kendini geliştirmek için hatırı sayılır oranda çaba sarf etmektedir. Çember içerisindeki her bir çeyrek iki buçuk puan değerinde olup; üretim hattı liderleri tarafından değerlendirilmektedir. Bunun sonucunda da üretim yoğunlaştığı hücelere, üretimin azaldığı hücre ve imalat hatlarından işgücü takviyesi yapılabilmektedir.

HÜCRE 1	96 nolu EKSANTRİK PRES			99 nolu HİDROLİK PRES		8 nolu HİDROLİK PRES	KALİTE YÖNETİMİ			BAKIM YÖNETİMİ						
AD SOYAD	Kalıp Bağlama	Pres Ayar	Sürücü Ayar	Kalıp Bağlama	Pres Ayar	Pres Ayar	Numune Kontrol	Ölçü Kontrol	Makine Yağlama ve Temizliği	Küçük Arıza Giderme	YETKİNLİK PUNANI	GEREKLİ YETKİNLİK PUNANI	TAM YETKİNLİK PUNANI			
ADEM AĞBULAK											92.5	7.5	100			
SADIK ŞAHİN											65	35	100			
HÜCRE2	115 nolu EKSANTRİK PRES			63 nolu EKSANTRİK PRES		112 nolu EKSANTRİK PRES		KALİTE YÖNETİMİ			BAKIM YÖNETİMİ					
AD SOYAD	Kalıp Bağlama	Pres Ayar	Sürücü Ayar	Kalıp Bağlama	Pres Ayar	Kalıp Bağlama	Pres Ayar	Numune Kontrol	Ölçü Kontrol	Makine Yağlama ve Temizliği	Küçük Arıza Giderme	YETKİNLİK PUNANI	GEREKLİ YETKİNLİK PUNANI	TAM YETKİNLİK PUNANI		
HASAN MEYDAN												85	15	100		
FERİHAT AÇIKALIN												67.5	32.5	100		

Şekil 5.21. Hücre operatörleri yetkinlik tablosu

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile ROYAL CONTA SANAYİ VE TİCARET A.Ş. firması ile yalın üretime yönelik ilke ve metotlar incelenmiş olup birtakım sonuçlara ulaşılmıştır. İncelenen metotlar için fabrikada özellikle atölye ve diğer tüm departmanlarla koordineli bir çalışma yapılmıştır. Ayrıca aylık olarak gözlenmiş verilerin tümü operatörler ve sorumlu kişiler tarafından tutulmuştur.

Yalın üretimle beraber baştan aşağı yeni bir yerleşim oluşturulan ve hücresel imalata ağırlık verilen firmada, üretim tesisi kullanım alanında, yaklaşık yüzde otuz beş azalma görülmüştür.

Hammaddenin fabrikanın kabul alanından bitmiş ürün halinde sevkiyat alanına geçiş süresi yaklaşık elli üç günü bulurken, şu an için bu süre on gündür.

Yapılan çalışma ile beraber yalın üretim tekniklerinin birbirine olan bağlılığı ulaşılan diğer bir sonuçtur. Herhangi birini uygulamanın, yalınlaşma adına önemli katkılar yaptığı; fakat artan sayıda birkaç metodun birlikte uygulanmasının da yalınlaşma konusunda ivme oluşturmasını sağladığı görülmüştür.

Şekil 6.1.'de pres operatörünün günlük planlanan ve gerçekleşen üretim adetlerini kaydettiği görülmektedir. Sonuçlara da günlük olarak operatörler tarafından tutulan bu veriler ile ulaşılmıştır. Uygulanan tüm bu tekniklerde on aylık gözlem sonucunda fabrikanın yaklaşık bir buçuk ila iki katı artan üretim hacmine bağlı olarak planladığı üretim miktarlarına ne oranda ulaştığı Şekil 6.2.'de görülmektedir. Artan üretim hacmine uyum sağlayamayan üretim hatlarının tek presten oluştuğu ve tek parça akışının sağlanmadığı presler olduğu da göze çarpmaktadır. Ek olarak işgücünde rotasyonun çok sık uygulandığı baskısı küçük ton olan altmış iki ve yüz on üç numaralı preslerde ilk denemelerin yapıldığı belirtilmelidir.

Yapılan araştırmada kullanılan teknikler imalat sektörü yönünden incelenmiş olup, günümüzde birçok hizmet sektöründe özellikle de sağlık sektöründe uygulanmaya

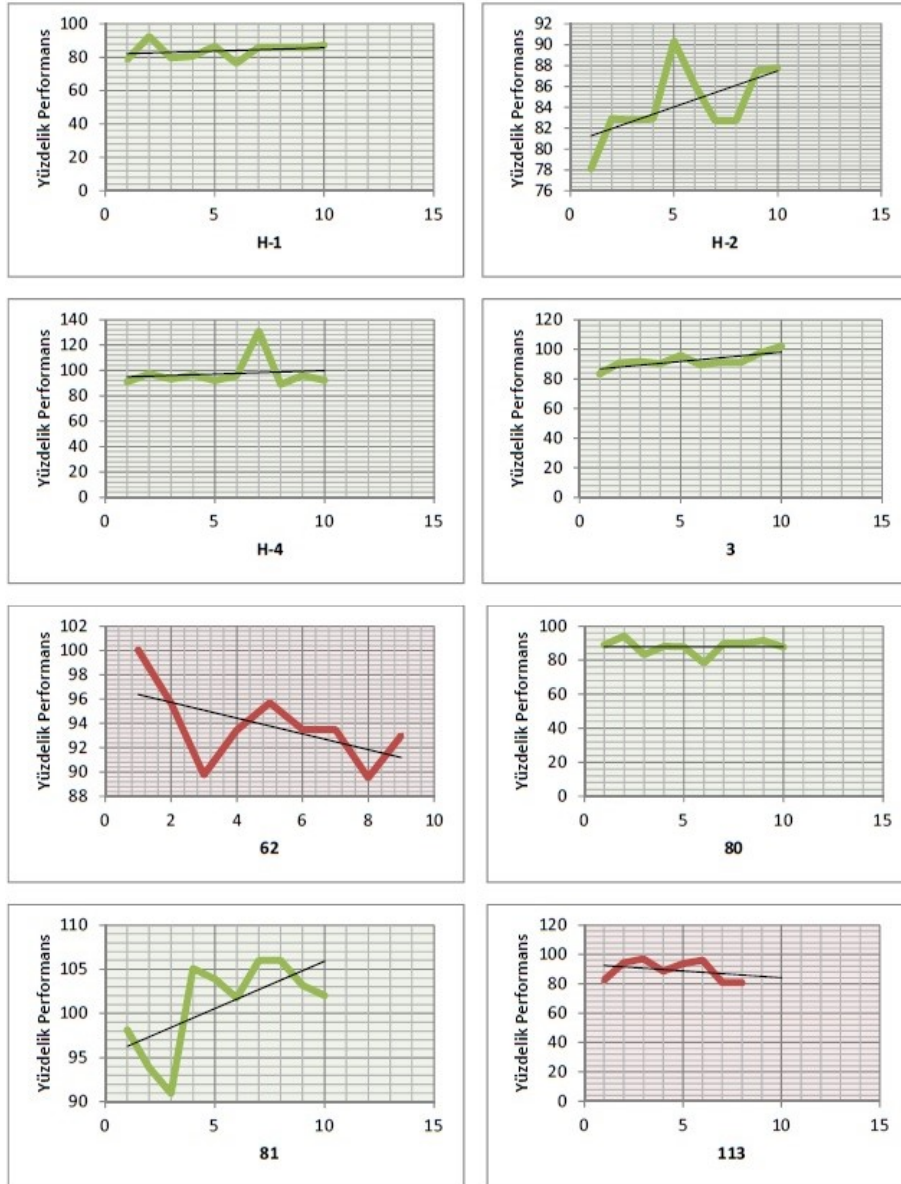
başlanmıştır. Araştırmacıların bu alanlara yönelik yalın üretim analizinde çalışmalar yapması yalın üretimin gelişimine daha büyük oranda katkı sağlayacaktır.

Şekil 6.1. Planlanan ve gerçekleşen adetler

Her bir hücre ve pres için günlük veri, aylık verilere çevrilerek yüzdelik performanslara ulaşılmıştır.

İmalat hattında uygulanan teknikler açısından 5S faaliyetleri yalın üretime geçmeden önce dahi uygulanmış ve SMED için bir alt yapı oluşması sağlanmıştır. Bu üretim sisteminde tek parça akışının paradigma haline gelmesiyle beraber hiç şüphe yok ki; en çok avantaj sağlanan genel sonucun conta üretimindeki çevrim sürelerinde yaşandığı görülmektedir. Operatörlerin hatta tüm çalışanların ön plana çıktığının bir göstergesi olan kaizen tekniğiyle mevcut durumun her zaman iyileştirildiği teşvik sistemi uygulanmıştır. Hat duruşlarını engelleme adına yapılan bakım faaliyetlerinin nasıl gerçekleştirildiği belirtilerek, ayrıca ortaya çıkan sorunlara takım halinde nasıl yaklaşıldığı da aktarılmıştır. Çalışanların kendilerini eksik hissettiği konularda yetkin hale gelebilmeleri için yetkinlik çemberleriyle uzun vadede sisteme olumlu katkı yapıldığı imalat hattındaki diğer bir sonuçtur.

Son olarak yalınlaşmak isteyen firmalar, Toyota'nın üretim sistemini kopyalamaktan ziyade; bu teknikleri kullanarak mevcut üretim sistemlerini geliştirmelidir.



Şekil 6.2. Pres ve hücre genel performans yüzdeleri (üç hücre, beş pres).

KAYNAKÇA

Aksu, Ö., (2013), “Bir Üretim Hattındaki Performansın Yalın Üretim Teknikleri İle İyileştirilmesi”, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102, Eskişehir.

Aktaş, R., (2013), “Yalın Üretim Ortamında Maliyetleme Yönetimi: Değer Akış Maliyetleme”, Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 13, 25, 57-85.

Arslan, S., (2008), “Yalın Üretim Ve MAN Türkiye A.Ş.’de Örnek Bir Yalın Üretim Uygulaması”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98, Ankara.

Aydın, H., (2009), “Yalın Üretim Sistemi, Değer Akış Haritalama Yöntemi Ve Yalın Üretim Sisteminin Çalışanlara Etkileri”, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 253, İstanbul.

Berber, İ., (2013), “Yalın Üretim Teknikleri, Kaizen Ve Sektörel Uygulamaları”, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99, Hatay.

Bırakmaz, Ö., (2013), “Yalın Üretim Uygulanmasında Karşılaşılan Problemler. Gazi Üniversitesi”, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 119, Ankara.

Birgün, S., Gülen, K. G., Özkan, K., (2006), “Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akışı Haritalama Tekniğinin Kullanılması: İmalat Sektöründe Bir Uygulama”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5, 9, 47-59.

Bilget, S., (2015), “Konfeksiyonda Simülasyon Tekniğiyle Yalın Üretim Sistemlerinin İncelenmesi”, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107, Tekirdağ.

Bulut, S., (2012), “Beyaz Eşya Yan Sanayi Sektöründe ERP Ve Yalın Üretim Olgunluğu Analizi Ve Otomotiv Yan Sanayi İle Kıyaslama”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 161, İstanbul.

Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., Kong, S., (2005), “Implementation of Total Productive Maintenance: A Case Study”, International Journal of Production Economics, 95, 71-94.

Chaneski, W. S., (2002), “Total Productive Maintenance- An Effective Technique”, *Modern Machine Shop*, 75, 46-47.

Çobanoğlu, S., (2011), “Yalın Üretim Sisteminin Otomotiv Sektöründe Uygulanması”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99, Sakarya.

Daşçı, A., (2010), “Simülasyon Destekli Yalın Üretim Sisteminin Mobilya Sektöründe Uygulanması”, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 90, Kayseri.

Demir, F., (2009), “Yalın Üretimde Toplam Üretken Bakım Ve Hızlı Kalıp Değişirme (SMED) Uygulaması”, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 125, Gebze.

Ercan, S., (2013), “Uygulamalı Nitel Yöntemlerle Kalite İyileştirme Teknikleri”, Türk Mühendis Ve Mimar Odaları Birliği Makine Mühendisleri Odası, 642, İstanbul.

Ergüneş, E., (2014), “Gemi İnşaatında Yalın Üretim Ve Değer Akış Haritalaması”, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62, Gebze.

Ersoy, A., (2007), “Yalın Üretim Tekniklerinden Hızlı Kalıp Değişimi Ve Bir İmalat İşletmesi Uygulaması”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Projesi, 152, İzmir.

Ertürk, H., Özçelik, F., (2008), “Yalın Üretim Uygulayan İşletmeler İçin Yalın Muhasebe”, Uludağ Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, XXVII, 1, 15-45.

Görener, A., Yenen, V. Z., (2007), “İşletmelerde Toplam Verimli Bakım Çalışmaları Kapsamında Yapılan Faaliyetler ve Verimliliğe Katkıları”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6, 11, 47-63.

Hülagü, K. T., (2011), “Çelik Boru İmalatında Yalın Üretim ve SMED Uygulaması”, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 125, Kocaeli.

Kanat, S., Güner, M., (2006), “Tam Zamanında Üretim Sisteminin Tekstil Ve Konfeksiyon Sanayine Uygulanabilirliği”, *Tekstil Ve Konfeksiyon Dergisi*, 4, 274-278.

Karaman, A., (2004), “Toplam Verimli Bakım ve Uygulama Olanakları”, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, 3-34.

Kaymakçı, Ö., (2012), “Bir PTT Şubesinde Yalın Üretim-5S Uygulaması”, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 79, Sakarya.

Kazıcıoğlu, B., (2009), “Kitle Üretiminden Yalın Üretime Geçiş Süreci: Bir Lastik Fabrikasında Uygulama”, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 95, Sakarya.

Küçüküysal, K., (2012), “Otomotiv Yan Sanayi Sektöründe ERP Ve Yalın Üretim Analizi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 117, İstanbul.

Liker, J. K., (2004), *The Toyota Way*. Mc Graw Hill Yayınları, New York.

Liker, J. K., Hoseus, M., (2008), *Toyota Kültürü Toyota Tarzının Ruhu*. Çev. Tanrıyar, K., *Optimist Yayınları*, 640, İstanbul.

Meriç, A., (2011), “Yalın Üretim İle Kurumsal Kaynak Planlamasının Bütünleştirilmesi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 101, İstanbul.

Ohno, T., (1988), *Toyota Production System*, New York, Productivity Press.

Ohno, T., (2012), *Toyota Ruhu*. Çev. Feyyat, C., *Scala Yayıncılık*, 203s., İstanbul.

Okur, A., S., (2005), *2000’li yıllarda Türkiye sanayii için yapılanma modeli: yalın üretim*, *Vira Reklam Yayım*, İstanbul.

Özçelik, F., (2013), “Yalın Üretim Ortamına Uygun Maliyet Sistemi Seçimi”, *Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 20, 1, 47-58.

Özfindık, M., (2011), “Değer Akışlarının Belirsizlik Altında Analizi Ve Haritalandırılması: Büyük Ölçekli Bir Gıda İşletmesinde Uygulama”, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79, Konya.

Özveri, O., Çakır, E., (2012), “Yalın Altı Sigma ve Bir Uygulama”, Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, XIV, II, 17-36.

Pannesi, R. T., (1995), “Lead time competitiveness in make-to-order manufacturing firm”, International Journal of Production Research, 3, 6, 150-63.

Sevimli, A., (2005), “Yalın Üretimde Çalışma Gruplarının Etkinliği ve Ford Otosan İnönü Fabrikasında Bir Uygulama”, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 178, Eskişehir.

Singh, B. J. And Khanduja, D., (2010), SMED: for quick changeovers in foundry SMEs. International Journal of Productivity and Performance Management, 59, 1, 98-116.

Suzaki, K., (1987), The New Manufacturing Challenge-Techniques for Continuous Improvement, The Free Press, 255, NY.

Şengül, A., (2011), “Yalın Üretim Prensiplerinin Yenileştirilmiş Parça Üretimi (Remanufacturing) Yapan Bir Firmaya Uygulanması”, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 106, Ankara.

Tanık, M., (2010), “Kalıp Ayar Sürelerinin SMED Metodolojisi İle İyileştirilmesi: Bir Yalın Altı Sigma Uygulaması”, Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 25, 117-140.

Taşçı, M. E., (2010), “Kalite Geliştirmede Kullanılan Yalın Üretim Tekniklerinin Karşılaştırılması”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 82, İstanbul.

Tekerci, S., (2009), “Yeni Üretim Paradigması Olarak Yalın Üretim Ve Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama”, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 127, İstanbul.

Terzi, S., Atmaca, M., (2011), “Yalın Üretim Sistemi Açısından Değer Akış Maliyetlemesinin İncelenmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16, 3, 449-466.

Toyota, (2015), Erişim tarihi: 30.12.2015,
https://www.toyota.com.tr/about/news_and_events/toyota-2015-yilinde-en-degerli-markasi.json.

Türkan, Ö. U., (2010), “Üretimde Yalın Dönüşüm Temel Performans Kriterleri” Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12, 2, 28-41.

Uçan, K., (2014), “Otomotiv Yan Sanayisinde Malzeme Besleme Sisteminin Yalın Üretim Yaklaşımıyla Yeniden Tasarlanması ve Bir Uygulama”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81, İstanbul.

Woehrle, Stephen L., Abou-Shady, Louay., (2010), “Using Dynamic Value Stream Mapping and Lean Accounting Box Scores to Support Lean Implementation”, American Journal of Business Education, 8, 3, 67-75.

Araştırma Makalesi

HAVA TAŞIMACILIĞI SİMÜLASYON SİSTEMLERİ İÇİN HAT – UÇAK TİPİ EŞLEŞTİRMEDE KÂRLILIK ANALİZİ VE MAKİNE ÖĞRENİMİ TEMELLİ FİYATLANDIRMA MODELİ TASARIMI

Muhammet Emin TAŞCIOĞULLARI¹

Oğuz BORAT²

ÖZ

Hava taşımacılığının gündelik operasyonel ve yönetsel süreçlerini iyileştirmek amacıyla sürdürülebilir sistemlerin tasarımı, kârlılık, verimlilik ve karar mekanizmasının hızlandırılması anlamında büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda oluşturulacak komponentleri öncelikle simülasyon ortamında ve sonrasında doğruluğu ölçümlenebilir çıktılar ile yazılım dışı gerçek mecralarda havayollarının kullanımına sunmayı esas alan bir yapıda, yapay zeka ve makine öğrenimi gibi teknolojileri kullanan öneri ve yönlendirme sistemlerinin geliştirilmesi başlıca çalışma alanlarından biri olmalıdır. Bu kapsam da, simülasyon ortamında olağan süreç yönetimine ek bir şekilde iş akışın kilit kısımlarını optimizasyon temelli öneri sistemleri ile iyileştirmek ilk aşama olarak belirlenebilir. Bu çalışmada ise ilgili öneri sistemlerine örnek oluşturabilecek bir yapı ortaya konulmuştur. Akabinde ise gerçekleşmiş süreçlerin çıktılarına yönelik veri setlerinin oluşturulması şartıyla, atılacak adımları öngörülen bir yaklaşımla hesaplamayı ve yönlendirmeyi esas alan daimi gelişim tabanlı bir sistem temel anlamda tasarlanmıştır.

Anahtar kelimeler: *Bilet fiyatlama, hat seçimi optimizasyonu, makine öğrenimi, uçak atama.*

PROFIT ANALYSIS AND MACHINE LEARNING BASED PRICING MODEL DESIGN IN ROUTE-AIRCRAFT PAIRING FOR AIR TRANSPORTATION SIMULATION SYSTEMS

ABSTRACT

With the aim of improving the daily operational and management processes of air transportation, the design of the sustainable systems are of great importance for profit, productivity and speedy decision mechanisms. This way improving the recommendation and guidance systems which utilize technologies such as artificial intelligence and machine learning for the components which are to be created firstly in the simulation environment and subsequently by measuring the accurateness of the output outside the programming environment in real areas, by presenting the use for the airlines in a real form, should be one of the primary research areas. In this extent, in addition to the normal process management in the simulation environment, improving the key parts of the workflow optimization based recommendation systems can be identified at the first stage. In this study a structure which could be an example to the related recommended systems has been put forward. Subsequently, provided that the data sets are created towards the output from the materialized processes, the steps to be taken are calculated and guided with a predictive approach, a real permanent evolving based system has been designed in principle.

Keywords: *Aircraft assignment, machine learning, network optimization, ticket pricing.*

Makale Gönderim tarihi: 10.12.2015

Kabul Tarihi: 02.01.2016

¹ *İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Küçükalyalı, 34840, İstanbul, emintasciogullari@gmail.com*

² *İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Küçükalyalı, 34840, İstanbul, oborat@ticaret.edu.tr*

1. GİRİŞ

Hava taşımacılığı alanında operasyonel ve yönetsel süreçlerin sanal ortama aktarımı ve süreçlerin simüle edilmesi pek çok uygulamada karşımıza çıkmaktadır. Bu uygulamaların eğitim, durum analizi, pazarlama veya iyileştirme gibi amaçları olabilmekteler ve ilgili uygulamalar çıktı olarak kişi ya da kurumların yararına sunulabilmektedirler.

Hava taşımacılığı ile ilgili çalışmalarda süreçler; çeşitli izin, hak, bağlantı ve yetkinliklerin belirlenmesini ve bunların yanı sıra finansal ve stratejik analizler ile adımların kurgulanarak maksimum verimli yönlendirmeler çerçevesinde şekillendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Süreçlerin modellemelerinde metriklere yönelik başlıkların bağımlı ve ayrışık olarak etkilerinin belirlenerek optimize edilmesi ve bu kapsamda daimi bir iyileştirme mekanizmasının kurulması, fayda maksimizasyonu sağlama ve öngörüselle analitik temelli uygulama kabiliyetini edinmeye olanak sağlayabilecektir.

Bu çalışmada ilgili süreçler günümüz teknolojileri ve gelişmeleri dikkate alınarak tasarlanmış, model kurgusunun geliştirilmesini sağlayacak yapısal ayrıntı ve işleyiş mekanizmaları kullanılarak bir çıktı oluşturulmuştur.

Sunum içeriği olarak simüle edilecek süreçlerin istatistiksel hesaplamalara dayanan öneri sistemleri, yapay zeka ve makine öğrenimi temelli formülasyonlar ile kurgulanması ve çıktıların analitik bir yapıda daimi öğrenim ve daimi iyileştirme amacına yönelik şekillendirilmesi için çalışma yürütülmüştür.

2. HAVA TAŞIMACILIĞI

Hava taşımacılığına yönelik iş süreçlerinin temel anlamda modellemesinde sürecin sektörel komponentleri; izin ve haklar, uçak temini, network planlama ve tarife belirleme olarak ele alınabilir. Ayrıca iş yönetimi kapsamında strateji, tanıtım ve müşteri odaklı işlemler de önemli başlıklar olarak model dâhilinde incelenmesi gereken konulardır.

Bu kapsamda ilgili süreçlerin zincirin birer halkası olarak ele alınması, her birine ait değişimlerin bütüne etkisinin gözlemlenmesi ve bu noktalardaki yapıların iyileştirilerek bütünün verimliliğine katkı sağlanması önemlidir.

İzin ve hakların çeşitli anlaşmalar ve ülkeler arası yönetsel ve ticari süreçlerle ilgili olduğu genellemesinde bulunulduğunda, öngörüselle yaklaşım için ilgili iznin ya da hakkın bulunup bulunmaması durumunun sonuç için doğrudan pozitif ya da negatif kesin bir etki doğuracak olması sebebiyle bu kısım göz ardı edilmiştir. Yani süreç için ilgili değerlendirme izin ya da hakların bulunduğu veya bulunabileceği durum, nokta ve operasyonlar için yapılmıştır.

3. SİSTEMİN BİLEŞENLERİ

Analiz ve iyileştirme temelli bir yapının kurulması ve sistemsal anlamda başarılı bir yöntemle çıktı alınabilmesi ilgili sürecin iyi okunmasına bağlıdır. Bu yapı için ise gerekli olan sürece ait metriklerin tanımlanmasıdır. Bu metrikleri belirlemek sonraki süreçte ilgili analizler dâhilindeki konuların daha doğru yorumlanmasına katkı sağlayabilecektir.

3.1. Raporlama ve Operasyonel Metrikler

Havacılık ile ilgili bu sistemde ele alınabilecek metrikler operasyonel, finansal ve yönetsel/idari süreçlerle ilgili olup her biri dünü, bugünü ve yarını görmek amacıyla büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda ilgili metrikler;

- Arz Edilen Koltuk (Available Seat - AS): Uçaklarda arz edilen koltuk kapasitelerini veren metrik. Havayollarının müşterilerine sundukları başlıca ürünleridir (Sherali vd., 2006).
- Ücretli Yolcu (Revenue Passenger Number - RP): Uçaklarda ücretli yolcu sayısını veren metrik.
- Taşınan Yolcu (Passengers Carried - PAX): İlgili uçuş, dönem vb. sürece ait yolcu sayısını veren metrik.
- Doluluk Oranı (Load Factor - LF): Uçaklarda “ücretli yolcu * kilometre” nin “arz edilen koltuk * kilometre”ye bölünmesi ile elde edilen ve doluluk oranını veren anahtar bir metrik.

3.2. Network Planlama ve Tarife

Uçulacak noktaların seçimi hava taşımacılığı açısından kârlılığın sağlanması ve verimliliğin artırılması amacıyla özenle ve çeşitli metriklerle bağlı olarak belirlenir. Burada mevcut noktalardaki rakipler, noktaların yolcu potansiyelleri, gelişim göstergeleri önemli rol oynadığı gibi mevcut filo ve tarifeye uygunluk da bir o kadar önem taşımaktadır.

Noktalara uçulması kararına yönelik, ilgili süreçte uçak müsaitliği, hattın potansiyel talebine yönelik kapasite sunulması, uçulacak saatlerin frekansa uygunluğu ve ilgili nokta ile hub üzerinde transfer yolcuları maksimize edecek planlamanın yapılabilmesi gerekmektedir. Bu süreçte ilgili hat açılışlarını belirleme işlemi sonraki süreçlerin göz ardı edilmesi ile yapılabilecek bir uygulama olmayıp, ilgili hat için uçuş hakkının bulunması ya da ilgili arzı gerçekleştirmeye yönelik imkânların olması yeterli olamayabilmektedir. Çünkü havayolu süreçlerinin planlanması, network planlama, filo atama gibi süreçlerle entegre bir yapıda olan ve çözülmesi gereken bir çok problemi barındıran bir süreçtir (Kölker ve Lütjens,

2015). Bu sebeple, mevcut ve yeni hatlara yönelik uçuş süreçlerinin bir arada ve optimum şekilde planlaması gerekmektedir.

3.3. Strateji

Strateji belirleme, kurumsal anlamda yol haritasının çıkarılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda havayolu olarak nasıl bir büyüme stratejisi izleneceği, ne şekilde bir hizmet türü verileceği ve bu sürecin yolculara hangi şekilde lanse edileceği belirlenmeli ve bu kapsamda çalışmalar yürütülmelidir.

Havayolu olarak, “Full Service Airlines (FSC)” yani müşterilerine yüksek standartlarla hizmet veren, büyük ölçekli ve ücret olarak “Low-cost Airlines (LCC)” sınıfına göre daha yüksek bilet sunan bir havayolu olmak mı yoksa LCC olarak düşük ücretli bir havayolu mentalitesi ile hareket etmek mi tercih edilmeli, öncelikle belirlenmesi gereken başlıca stratejidir. Bunların yanı sıra hibrid olarak belirtilen ve her iki türün arasında konumlanan bir havayolu olmak da belirlenebilecek bir başka çıkış stratejisidir.

Bu seçimin gelecekte yapılmak istenen büyüme adımları ile ilişkisi olmasının yanı sıra şu an mevcut pazarın konumu, talep edilen taşıma modeli ve eldeki kaynakları da göz önünde bulundurmamak gerekmektedir.

4. SİMÜLASYON MODELİ

Simülasyonlar genel metrikleri itibarıyla havacılığın başlıca alanlarını içermekte ve bu doğrultuda kullanıcılara ilgili süreçlere yönelik öğrenme ve bilginin gelişimine yönelik bir fırsat sunmaktadır.

Araştırma konusu simülasyonun tasarımıyla ilgili birçok benzer çalışmadan yola çıkarak, farklılaştırma ve öğretimin aslında bir açıdan bilgi edinme ve kullanıcı bakış açılarına göre şekillendirilmesini esas almaktadır.

Simülasyon belli periyotlarda zaman kısıtı içerisinde karar verme ve uygulamaya yönelik bir yapıda tasarlanmıştır. Bu süreç akışında uçak tipi, uçulacak nokta, tarife, pazarlama vb. süreçlere yönelik karar alınması ve uygulanması büyük önem taşımaktadır.

Bu kapsamda gerçekleştirilen her adımın etkileri, bir sonraki periyotta yeniden karar alma aşamasında kullanıcının karşısına fırsat veya kısıt olarak tekrar çıkacaktır. Bu sürecin benzer simülasyonlar ile arasındaki fark ise havacılıkta yapay zeka ve makine öğrenimi gibi sistemlerin kullanımına örnek oluşturabilecek öneri sistemidir.

Bu yapıda fiyat belirleme, network gelişimi veya doluluk değişimleri konularında istatistiksel yöntemlerle sınıflandırma ve seçimin optimum verimli yöntemlerle yapılması amacıyla örnek mekanizmalar çalışmaktadır.

4.1. Hat Gruplarında Kârlılık – Tip Analizi

Havacılık planlama süreci, havayollarının günlük operasyonlarını mevcut filo yapıları itibariyle en verimli şekilde belirlemeleri açısından stratejik olarak gerçekleştirilir ve en kârlı uygulama için nereye, ne zaman, hangi uçakla uçmak gerektiğinin cevabını arar (Kölker ve Lütjens, 2015). Uçulacak hatların belirlenmesi aşamasında verimliliğin ve kârlılığın sağlanması için var olan birçok kısıtın ve bu kısıtların oluşturduğu zincirleme etkilerin doğru analiz edilmesi ve bu doğrultuda karar sürecinin sürdürülmesi gereklidir.

Bu doğrultuda, uçulacak noktaların tip bazında seçimine yönelik bir öneri mekanizmasının oluşturulması için gerekli kısıtları ele aldığımızda gelir ve maliyet temelli kısıtları olarak iki gruba ayırabiliriz. Metrikleri incelersek;

•Uçulacak hat numarası	= i
•Uçak koltuk sınıfı numarası	= k
•Toplam uçak sınıfı sayısı	= n
•Uçak tipi numarası	= j
•Beklenen tahmini doluluk oranı	= LF
•Sunulan arz koltuk	= TSN
•Kalkış noktasından varış noktasına uzaklık	= PKM
•Kilometre başı yakıt maliyeti	= FCD
•Ortalama bilet fiyatı	= ATP

Denklem (1)'de yer aldığı üzere ilgili metrikleri formülize etmek ve öneri sistemini oluşturmak istediğimizde öncelikle en son aşamada almak istediğimiz çıktı olan ve hattın olası kâr seviyesini gösteren bir metrik tanımlamamız gerekmektedir. INC burada olası birim (beklenen yolcu başına) kâr seviyesini gösteren olası çıktılarımıza ait değişkendir. Bu sonuca varmak için ise birim gelirler (RVN) – birim giderler (TCS) hesabı yapılır. Hesaplamanın bir alt ayrımı ise birim gelir ve birim giderin hesaplanmasıdır.

$$INC_{(i,j)} = RVN_{(i,j)} - TCS_{(i,j)} \quad (1)$$

Denklem (2)'de belirtildiği üzere uçak tipi ve koltuk sınıf bazında tahmini doluluklar ile yapılan hesaplamada birim gelir elde edilmektedir.

$$RVN_{(i,j)} = \left(\sum_{k=1}^n ATP_{(i,j,k)} \times TSN_{(i,j,k)} \times LF_{(i,j,k)} \right) \div \left(\sum_{k=1}^n TSN_{(i,j,k)} \times LF_{(i,j,k)} \right) \quad (2)$$

Maliyetlerin hesaplanmasında ise kalemleri kategorize etmek gerekirse; kabin-kokpit maliyeti, yakıt, uçak ve motor bakım, sahiplenme maliyeti vb. olarak belirlenebilir (Swan ve Adler, 2006). Bu tarz bir sınıflandırma ayrıntılı bir hesaplamada kullanılabilir ve maliyet değişimlerini/unsurlarını ayrıntılı bir

şekilde gösterebilmektedir. Ayrıca maliyetleri genelleştirmek amacıyla kalemleri daha az kategorize ederek Fuel ve CASK excluding-fuel olarak iki yapıda hesaplama da yapabiliriz. Denklem (3)'de TCS birim (beklenen yolcu başına) maliyeti göstermekte ve hesaplanmasında yakıt maliyeti (FUC), yakıt hariç maliyetler (EFC) ve beklenen yolcu sayısı kullanılmaktadır.

$$TCS_{(i,j)} = (FUC_{(i,j)} + EFC_{(i,j)}) \div (\sum_{k=1}^n TSN_{(i,j,k)} \times LF_{(i,j,k)}) \quad (3)$$

Denklem (4)'de yer alan yakıt maliyetinin hesaplaması da, noktanın Hub/Origin'e uzaklığı(PKM) ile uçak tipine göre km başı yakıt maliyetinin (FCD) çarpılması ile bulunur. Denklem 3'de yer alan EFC ise hat ve uçak tipi başına yakıt hariç maliyetleri temsil etmektedir. Ayrıca denklemin son kısmında kalan TSN ve LF'nin k değişkenine göre çarpımı işlemi beklenen yolcu sayısının bulunmasını sağlamaktadır.

$$FUC_{(i,j)} = PKM_{(i,j)} \times FCD_{(i,j)} \quad (4)$$

4.2. Örnek Uygulama

İlgili öneri sistemine yönelik örnek bir uygulama yapmak için üç noktayı ele alalım. Hub'ımız Beijing (PEK) olsun ve 7750 km ile 8250 km arası üç farklı noktaya uçmak için araştırmamızda Denklem (1)'deki temel formülasyonumuzu alt formleri ile uygulayalım. Tamamen tahmini ve oynanmış piyasa verileri ile örnek bir uygulama tasarlayarak formülasyonun çıktılarını görebilmek mümkün olacaktır. Hat kârlılığı ve hat-tip kârlılığı için örnek verilere dayanan uygulama çalışmamız kapsamında uçuş noktaları tanımlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Pekin (PEK) Havalimanından Gidilecek Noktalar ve Uzaklıkları

Hat No	Şehir - Havalimanı	PKM
1	Paris – CDG	8211 km
2	London – LHR	8175 km
3	Frankfurt - FRA	7808 km

İlgili örnek çalışmada noktalara yönelik olası uçak tipi sayımızı iki ve uçak tiplerindeki sınıfları da Economy ve Business olarak aldığımızda, Tablo 2 de gösterilen ilgili veri seti, tip ve sınıf bazında koltuk sayıları, hatların ortalama fiyatları ve Tablo 3.'de yer alan beklenen yolcu sayılarının tiplerdeki kapasitelere göre doluluk oranı anlamında hesaplanması ile ortaya çıkan değerler bir arada sunulmuştur.

Tablo 2. Uçak Tipi ve Nokta Bazında Koltuk Kapasiteleri, Beklenen Doluluk ve Ortalama Bilet Fiyatları

Uçak Nokta	Uçak Tip 1 - Economy	Uçak Tip 1 - Business	Uçak Tip 2 - Economy	Uçak Tip 2 - Business
Dest 1 – CDG	283 / 91,9 / 1100	32 / 65,6 / 3750	278 / 93,5 / 1100	26 / 80,8 / 3750
Dest 2 – LHR	283 / 88,3 / 1400	32 / 90,6 / 4600	278 / 89,9 / 1400	26 / 100,0 / 4600
Dest 3 – FRA	283 / 93,6 / 1700	32 / 62,5 / 3500	278 / 95,3 / 1700	26 / 76,9 / 3500
	TSN / LF(%) / ATP (\$)	TSN / LF(%) / ATP (\$)	TSN / LF(%) / ATP (\$)	TSN / LF(%) / ATP (\$)

Hat başına koltuk sınıfı bazında beklenen yolcu değeri Tablo 3.'de görülmektedir.

Tablo 3. Koltuk Sınıfı Bazında Beklenen Yolcu Sayıları

Beklenen Yolcu Nokta	Economy	Business
Dest 1 – CDG	260	21
Dest 2 – LHR	250	29
Dest 3 – FRA	265	20

Kilometre başına yakıt maliyetleri(FCD) Tablo 4.'de verilmiştir. İlgili yakıt maliyetleri hesaplanırken uçak tipleri bazında koltuk başına tüketim Tip 1 için 2.39 lt / 100 km, Tip 2 için 2.31 lt / 100 km değerleri alınmıştır. Bu değerler Boeing 787 ve Airbus A350 tipi uçakların yaklaşık yakıt tüketimlerinden yola çıkılarak verilmiştir. İlgili tüketim değerleri daha sonra 700 \$ / ton yakıt maliyeti ile hesaplanarak tip bazında kilometre başı maliyet bulunmuştur.

Tablo 4. Kilometre başına yakıt maliyetleri(FCD)

Uçak Nokta	Uçak Tip 1	Uçak Tip 2
Dest 1 – CDG	5,27	4,92
Dest 2 – LHR	5,27	4,92
Dest 3 – FRA	5,27	4,92
	FCD (\$)	FCD (\$)

Yakıt hariç maliyetleri(EFC) ise Tablo 5’de tahmini olarak verilmiştir.

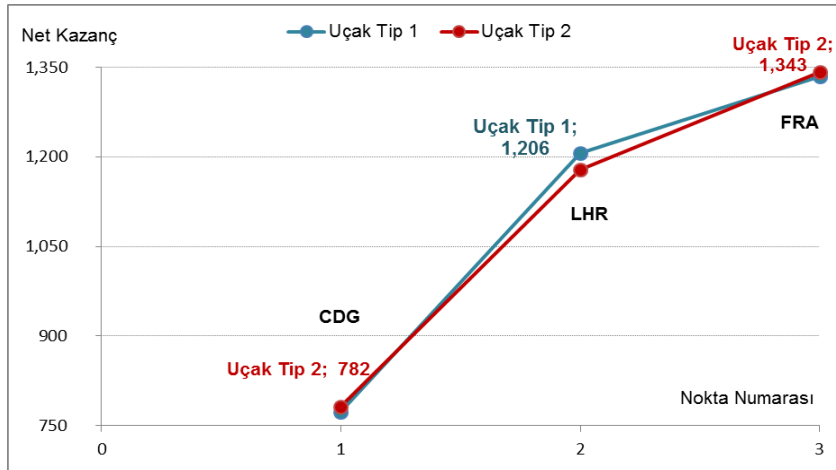
Tablo 5. Noktalara Göre Uçak Tipi Bazında Yakıt Hariç Toplam Maliyet

Nokta	Uçak	Uçak Tip 1	Uçak Tip 2
Dest 1 – CDG		104,241	104,636
Dest 2 – LHR		103,784	104,177
Dest 3 – FRA		99,124	99,501
		EFC (\$)	EFC (\$)

Bütün bu veri setlerini formülasyonlar aracılığıyla hesapladığımızda Tablo 6. da çıkan sonuca göre en kârlı hat-uçak tipi önerisi Şekil 1.’de yer aldığı üzere FRA’ya Tip2 ile uçmak olarak öne çıkmakta ve her bir uçulacak nokta için en iyi değerler Tablo 6.’da yer almaktadır.

Tablo 6. Noktalara Göre Uçak Bazında Gelir Tahminleri

Nokta	Uçak Tip 1	Uçak Tip 2
CDG	773	782
LHR	1,206	1,178
FRA	1,334	1,343
	Income (\$)	



Şekil 1. Noktalara Göre Uçak Tipi Bazında Tahmini Kârlılık Grafiği

4.3. Hat Kârlılığı İçin Fiyatlandırma Tahmini

Bir sistemin yapısal işleyişine ve öngörülen bir mekanizma ile muhtemel sonuçlardan hangisinin daha yüksek olasılığa sahip olduğuna yönelik bir çıktının sunulmasına yönelik çalışmalar için bir metodun dâhil edilmesi istendiğinde, makine öğrenimi temelli çalışmalarda olduğu gibi (Althenyan ve Menai, 2014) kendi kendini iyileştiren bir sistemin hava taşımacılığı süreçlerinde uygulanması amacıyla öncelikli olarak genel yapının sistemselsel olarak kurgulanması gerekmektedir. Bayes teoremi Denklem (5)'de ele alınırsa;

$$P(V|x) = P(V) \times P(x|V) \div P(x) \quad (5)$$

Denklem (5)'de yer alan yapı x 'in gerçekleştiği/var olduğu durumda V 'nin gerçekleşme/var olma durumunun olasılığını verir. Birden fazla niceliğin olduğu durumda ise formülasyon;

$$P(V_w|x_1x_2 \dots x_n) = P(V_w) \times (\prod_{i=1}^n P(x_i|V_w)) \div P(x_1x_2 \dots x_n) \quad (6)$$

Denklem (6) sisteme uygulandığında, açılan yeni bir hattın önceki hatlarda edinilen bilgi baz alınarak vereceği tepkinin ölçülmesi ve optimum fiyat yönlendirmesinin elde edilmesine yönelik bir çıktı amaçlanmaktadır.

Mevcut formülasyon yapısında başarılı çıktılarının devamlılığı için yeterli miktarda verinin olması büyük önem taşımaktadır. İlgili sistemin yapısına, nicelikler ve olası çıktılar olarak başlıklar halinde bakılırsa;

- Mesafe(km) = NBMS
(≤ 1000 ise I, ≤ 2000 ise II, ≤ 3000 ise III, > 3000 ise IV)
- Ek reklam faaliyetleri = NBRF
(Var, Yok)
- Uçak tipi = NBUT
(1, 2, 3, 4)
- Kârlılık tanımı = NBKT
(Zarar, Denge, Az Kârlı, Kârlı)

Sonuç Önerisi;

- Belirlenecek bilet fiyatının piyasa ortalama fiyatına göre artış azalış oranı
(≤ -20 ise A, ≤ 0 ise B, ≤ 20 ise C, > 20 ise D) = NBFO

Bu niceliklere sahip yapıda, sistemde yer alan mevcut uçuş verilerine dayanılarak, gelecek uçuşlar için sonuç verilmeye çalışılmaktadır. Niceliklere ait olası çıktılar örnek olarak verilmiş olup kısıtların değişmesi durumunda formülasyon yeni kısıtlarla da aynı şekilde çalışabilmektedir. Denklem (6)'yı bu yapıya uygularsak;

$$P(NBFO|NBMS, NBRF, NBUT, NBKT) = \frac{P(NBFO) \times P(NBMS, NBRF, NBUT, NBKT|NBFO)}{P(NBMS, NBRF, NBUT, NBKT)} \quad (7)$$

Denklem (7)'de yer alan hesaplama yönelik örnek bir uygulama kapsamında öncelikli olarak veri kümesini oluşturacak başlangıç işlemlerinin yer alması gerekmektedir ve bu işlemler, sistemin çalışması ile sonraki işlemler için yol gösterici olacak uygulamanın veri setini oluşturacaklardır. Doğruluk payının veri setinin büyüklüğü ile artış göstermesi beklense de, sistemin yapısını açıklamak amacıyla hazırladığımız örnek bir veri seti ile işleyişi ele alırsak;

Tablo 7. Örnek Veri Seti

Nokta	NBMS	NBRF	NBUT	NBKT	NBFO
1	I	Var	1	Kârlı	C
2	II	Var	1	Az Kârlı	D
3	I	Yok	2	Zarar	A
4	IV	Var	3	Kârlı	A
5	III	Var	4	Kârlı	C
6	III	Yok	2	Denge	B
7	II	Yok	3	Denge	C
8	IV	Var	4	Az Kârlı	A
9	II	Var	1	Kârlı	B
10	II	Yok	3	Zarar	D
...					
*	I (Seçim)	Var / Yok (Sabit Olabilir)	1 / 2 / 3 / 4 (Sabit Olabilir)	Kârlı (Sabit Hedef)	?

Tablo 7.'de yer alan örnek veri setinden yola çıkarak sistemin işleyişini ele alırsak, öncelikle yapılacak işlem sayısının hesaplanması gerekmektedir. Burada değişken niceliklerin alternatif değerlerinin sayılarının çarpımı potansiyel veri kümesinin olası çıktı sayısını belirleyecektir.

- Nicelik numarası = f
- Değişken niceliklerin sayısı = n
- Değişken niceliğin alternatif değer sayısı = NA
- Sonucun alternatif değer sayısı = SA
- Sonuç çıktılarının sayısı = SS

$$SS = \left(\prod_{f=1}^n NA_f \right) \times SA \quad (8)$$

Denklem (8)'de yer alan formülü örnek veri setinin ilk 10 serisine uygularsak SS=32 çıkmakta. Bu değer elde edilmiş ise, reklam faaliyetleri 2 farklı olasılıkta, uçak tipi ise 4 farklı olasılıkta gelmekte ve bu değerlerin ikili olasılığı 8 farklı sonucu vermekte, ayrıca SA ile belirtilen sonuç değerleri ise 4 farklı şekilde fiyatlandırmayı içerdiği için her iki olasılığın çarpımından 32 elde edilmektedir. Bu hesaplamada, NBMS sabit mesafe olduğundan ve NBKT istenilen optimum durum olarak "Kârlı" yapıda incelendiğinden dolayı formülasyonun dışında tutularak doğrudan denklem 7'de hesaplama dâhil edileceklerdir.

SS değerinin hesaplanması sonrası Denklem (7)'de yer alan formülasyon doğrultusunda 32 tane değer bulunması gerekmektedir. Veri setinin kısıtlı olması, bazı değerlerin sıfır çıkmasına sebep olabileceği gibi örneklemin artması ile doğru sonuca daha da yaklaşılacaktır. Ayrıca bu değerlerden optimum verimli olanın hesabı yine bu kapsamda yapılabileceği gibi reklam ve uçak tipinin kullanıcı tarafından belirli olduğu durumlarda ise Denklem 8'e gerek kalmadan, Denklem (7)'deki formülasyonda 4 farklı NBFO değeri için olasılık hesaplanabilir ve en yüksek olasılık değeri seçim kriteri olarak sistem tarafından öneri olarak sunulabilir.

5. SONUÇ

Hava taşımacılığı süreçlerinin durum bazlı tahminlerin dışına çıkarılması, geçmiş verilerin optimum performans ile değerlendirilmesi ve bu doğrultuda karar alınması sürdürülebilir bir başarının temel unsurlarından biri olabilir. Bu doğrultuda gündelik süreçlerin her adımını bir veri olarak değerlendirmek, karar mekanizmalarını yazılım süreçleri ile desteklemek ve elde edilen verileri gelecek süreçlerde önemli bir yardımcı/yol gösterici olarak kullanmak gerekmektedir. İlgili yapıları oluşturma kademeleri, öncelikle işleyişin temel metriklerini tanımak ve bu metrikleri bir formülasyon altında değerlendirmekle başlamaktadır. Bu değerlendirme, karar süreçlerini optimize etmiş bir yapıda oluşturulan çıktılar ile bir öneri olarak ortaya konulmalıdır. Bu çalışmada ilgili öneri sistemlerine örnek bir yapı tasarlanmış ve bu yapıyı bir adım daha ileriye götürecek, kendini geçmiş veriler ile geliştirebilen bir sistem tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım çıktısında, Bayes teoreminden yola çıkılarak makine öğrenimi kullanılan bir sisteme yönelik örneklem sunulmuştur.

KAYNAKÇA

Altheneyan, A. S., Menai, M. E., (2014), "Naive Bayes classifiers for authorship attribution of Arabic texts", *Journal of King Saud University–Computer and Information Sciences*, 473-484.

Kölker, K., Lütjens, K. (2015), "Using genetic algorithms to solve large-scale airline network planning problems", *Transportation Research Procedia*, 900-909.

Sherali, H. D., Bish, E. K., Zhu, X. (2006), "Airline fleet assignment concepts, models, and algorithms", *European Journal of Operational Research*, 172, 1-30.

Swan, W. M., Adler, N. (2006), "Aircraft trip cost parameters: A function of stage length and seat capacity", *Transportation Research Part E*, 42, 105-115.

Research Article

FINDING THE TRAVELING WAVE SOLUTIONS OF SOME NONLINEAR PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS BY AN EXPANSION METHOD

Doğan KAYA¹

ABSTRACT

In this study, we construct an expansion method. We have implement this method for finding traveling wave solutions of nonlinear Klein-Gordon equation, Benjamin-Bona-Mahony equation, sixth-order Boussinesq equation and Konopelchenko-Dubrovky system.

Key Words: *Klein-Gordon equation; Benjamin-Bona-Mahony equation; sixth-order Boussinesq equation; Konopelchenko-Dubrovky system; an expansion method.*

Araştırma Makalesi

BİR AÇILIM METODU İLE BAZI LİNEER OLMAYAN KISMİ DİFERANSİYEL DENKLEMLERİN YÜRÜYEN DALGA ÇÖZÜMLERİNİ BULMAK

ÖZ

Bu çalışmada bir genişleme metodu oluşturularak, lineer olmayan Klein-Gordon denklemi, Benjamin-Bona-Mahony denklemi, altıncı mertebeden Boussinesq denklemi ve Konopelchenko-Dubrovky sisteminin yürüylen dalga çözümünü bulmak için bu metodu uygulanmıştır.

Anahtar kelimeler: *Klein-Gordon denklemi; Benjamin-Bona-Mahony denklemi; altıncı mertebeden Boussinesq denklemi; Konopelchenko-Dubrovky sistemi; açılım metodu.*

Makale Gönderim Tarihi:03.03.2016

Kabul Tarihi: 07.04.2016

¹ *İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, dogank@ticaret.edu.tr.*

1. INTRODUCTION

In this study, we present an expansion method by inspiring of (G'/G) -expansion method which is introduced in (Wang et al., 2008) and the other similar methods (Guo and Zhou, 2010; Fan, 2000). When we implemented this method we found several analytic solutions form of rational trigonometric solutions of the classical nonlinear Klein-Gordon equation, Benjamin-Bona-Mahony equation, sixth-order Boussinesq equation and Konopelchenko-Dubrovky system. However, there are many methods to obtain traveling wave solutions of the nonlinear partial differential equation in literature (Clarkson, 1989; Wazwaz, 2005; Parkes and Duffy, 1996; Fan, 2000; Elwakil et al., 2002; Zheng et al., 2003; He and Wu, 2006; Kaya, 2003; Gorguis, 2006; Kaya and Aassila, 2002; Inan, 2010).

2. AN ANALYSIS OF THE METHOD AND APPLICATIONS

At this point, it is necessary to explain a simple description of the $(1/G')$ -expansion method. In order to do this, one can consider in a two-variable general form of nonlinear partial differential equation (PDE)

$$Q(u, u_t, u_x, u_{xx}, \dots) = 0, \quad (1)$$

and transform Eq. (1) with $u(x, t) = U(\xi)$, $\xi = x - Vt$, where V is constant. After transformation, we get a nonlinear ordinary differential equation (ODE) for $u(\xi)$

$$Q'(u', u'', u''', \dots) = 0. \quad (2)$$

The solution of the Eq. (2) we are looking for is expressed as

$$U(\xi) = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i \left(\frac{1}{G'} \right)^i, \quad (3)$$

where $G = G(\xi)$ satisfies the second order linear ODE in the form

$$G'' + \lambda G' + \mu = 0, \quad (4)$$

where a_i, \dots, μ and λ are constants to be determined later, the positive integer m can be determined by balancing the highest order derivative and with the highest nonlinear terms into Eq. (2). Substituting solution (3) into Eq. (2) and using Eq. (4) yields a set of algebraic equations for the same order of $(1/G')$; then all coefficients same order of $(1/G')$ have to vanish. After we have separated this algebraic equation, we can find a_i, \dots and V constants. We know the general solutions of the Eq. (4) well, and then substituting a_i, \dots and the general solutions of Eq. (4) into (3), we can get more traveling wave solutions of Eq. (1) (Yokus, 2011; Inan, 2010).

Example 1. Let's consider the Kelin-Gordon equation (Wazwaz, 2005).

$$u_{tt} - \alpha^2 u_{xx} + \gamma^2 u - \beta u^3 = 0. \tag{5}$$

where α, γ and β are positive constants. For doing this example, we can use transformation $u(x, t) = U(\xi)$, $\xi = x - Vt$ then Eq. (5) become

$$V^2 U'' - \alpha^2 U'' + \gamma^2 U - \beta U^3 = 0, \tag{6}$$

when balancing U^3 with U'' then gives $m = 1$. Therefore, we may choose

$$U(\xi) = a_0 + a_1 \left(\frac{1}{G'} \right), \tag{7}$$

substituting Eq. (7) into (6) yields a set of algebraic equations for $a_0, a_1, \lambda, \mu, \alpha, \gamma, \beta$ and V . These systems are

$$\begin{aligned} -a_0^3 \beta + a_0 \gamma^2 = 0, \quad -3a_0^2 a_1 \beta + a_1 \gamma^2 + a_1 V^2 \lambda^2 - a_1 \alpha^2 \lambda^2 = 0, \\ -3a_1^2 a_0 \beta + 3a_1 V^2 \lambda \mu - 3a_1 \alpha^2 \lambda \mu = 0, \quad -3a_1^3 \beta + 2a_1 V^2 \mu^2 - 2a_1 \alpha^2 \mu^2 = 0, \end{aligned} \tag{8}$$

from the solutions of the system (8), we obtain the following with the aid of Mathematica.

Case 1:

$$a_0 = -\frac{\gamma}{\sqrt{\beta}}, \quad a_1 = -\frac{2\gamma\mu}{\lambda\sqrt{\beta}}, \quad V = -\frac{\sqrt{2\gamma^2 + \alpha^2\lambda^2}}{\lambda}, \tag{9}$$

substituting Eq. (9) into (7) we have traveling wave solutions of Eq. (5):

$$\xi = x + \left(\frac{\sqrt{2\gamma^2 + \alpha^2\lambda^2}}{\lambda} \right) t, \tag{10}$$

$$u_1(\xi) = -\frac{\gamma}{\sqrt{\beta}} - \frac{2\gamma\mu}{\sqrt{\beta}} \left(\frac{1}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))} \right). \tag{11}$$

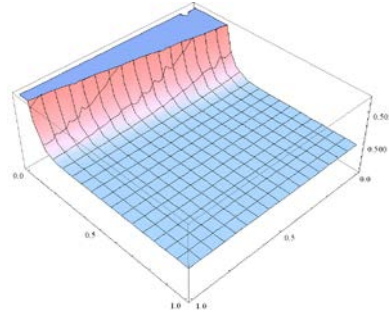


Fig 1: Traveling wave solution of Eq. (5) for case 1 when $\gamma = 1$, $\mu = 6$, $\alpha = 4$, $\beta = 4$, $\lambda = 3$, $A = 1$.

Giving values to constants in Eq. (10) and (11), we obtain figure 1. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (5) in figure 1.

Case 2:

$$a_0 = -\frac{\gamma}{\sqrt{\beta}}, \quad a_1 = -\frac{2\gamma\mu}{\lambda\sqrt{\beta}}, \quad V = \frac{\sqrt{2\gamma^2 + \alpha^2\lambda^2}}{\lambda}, \quad (12)$$

substituting Eq. (12) into (7) we have traveling wave solutions of Eq. (5):

$$\xi = x - \left(\frac{\sqrt{2\gamma^2 + \alpha^2\lambda^2}}{\lambda} \right) t, \quad (13)$$

$$u_2(\xi) = -\frac{\gamma}{\sqrt{\beta}} - \frac{2\gamma\mu}{\sqrt{\beta}} \left(\frac{1}{-\mu + \lambda A (\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))} \right). \quad (14)$$

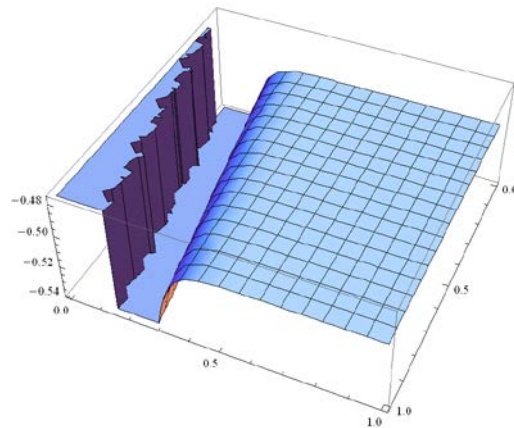


Fig 2: Traveling wave solution of Eq. (5) for case 2 when $\gamma = 1$, $\mu = 6$, $\alpha = 4$, $\beta = 4$, $\lambda = 3$, $A = 1$.

Giving values to constants in Eq. (13) and (14), we obtain figure 2. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (5) in figure 2.

Case 3:

$$a_0 = \frac{\gamma}{\sqrt{\beta}}, \quad a_1 = \frac{2\gamma\mu}{\lambda\sqrt{\beta}}, \quad V = -\frac{\sqrt{2\gamma^2 + \alpha^2\lambda^2}}{\lambda}, \quad (15)$$

substituting Eq. (15) into (7) we have traveling wave solutions of Eq. (5):

$$\xi = x + \left(\frac{\sqrt{2\gamma^2 + \alpha^2\lambda^2}}{\lambda} \right) t, \quad (16)$$

$$u_3(\xi) = \frac{\gamma}{\sqrt{\beta}} + \frac{2\gamma\mu}{\sqrt{\beta}} \left(\frac{1}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))} \right). \quad (17)$$

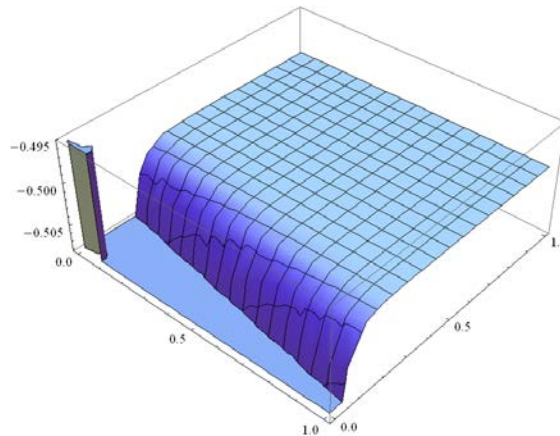


Fig 3: Traveling wave solution of Eq. (5) for case 3 when $\gamma = 1, \alpha = 6, \mu = 4, \lambda = 4, \beta = 3, A = 1$.

Giving values to constants in Eq. (16) and (17), we obtain figure 3. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (5) in figure 3.

Case 4:

$$a_0 = \frac{\gamma}{\sqrt{\beta}}, \quad a_1 = \frac{2\gamma\mu}{\lambda\sqrt{\beta}}, \quad V = \frac{\sqrt{2\gamma^2 + \alpha^2\lambda^2}}{\lambda}, \quad (18)$$

substituting Eq. (18) into (7) we have traveling wave solutions of Eq. (5):

$$\xi = x - \left(\frac{\sqrt{2\gamma^2 + \alpha^2 \lambda^2}}{\lambda} \right) t, \quad (19)$$

$$u_4(\xi) = \frac{\gamma}{\sqrt{\beta}} + \frac{2\gamma\mu}{\sqrt{\beta}} \left(\frac{1}{-\mu + \lambda A (\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))} \right) \quad (20)$$

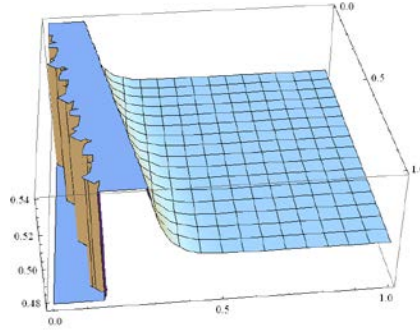


Fig 4: Traveling wave solution of Eq. (5) for case 4 when
 $\gamma = 1, \alpha = 6, \lambda = 4, \mu = 4, \beta = 3, A = 1.$

Giving values to constants in Eq. (19) and (20), we obtain figure 4. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (5) in figure 4.

Example 2. Let's consider Benjamin-Bona-Mahony equation (Wang and Yang, 1997)

$$u_t + u_x + uu_x - u_{xxt} = 0. \quad (21)$$

For doing this example, we can use transformation $u(x,t) = U(\xi)$, $\xi = x - Vt$, then Eq. (21) become

$$c + (-V + 1)U + \frac{1}{2}U^2 + VU'' = 0. \quad (22)$$

When balancing U^2, U'' then gives $m = 2$. Therefore, we may choose

$$U(\xi) = a_0 + a_1 \left(\frac{1}{G'} \right) + a_2 \left(\frac{1}{G'} \right)^2, \quad (23)$$

substituting Eq. (23) into (22) yields a set of algebraic equations for $a_0, a_1, a_2, \mu, c, \lambda$ and V . These systems are

$$a_0 + \frac{a_0^2}{2} + c + a_0V = 0, \quad a_1 + a_1a_0 - a_1V + a_1V\lambda^2 = 0, \quad \frac{a_2^2}{2} + 6a_2V\mu^2 = 0,$$

$$\frac{a_1^2}{2} + a_2 + a_0 a_2 - a_2 V + 4a_2 V \lambda^2 + 3a_1 V \lambda \mu = 0, a_1 a_2 + 10a_2 V \lambda \mu + 2a_1 V \mu^2 = 0. \quad (24)$$

From the solutions of the system (24), we obtain the following with the aid of Mathematica.

Case 1:

$$a_0 = -1 + \frac{-1 + \lambda^2 + \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4} [1 - \lambda^2]}{-1 + \lambda^4},$$

$$a_1 = \frac{\frac{12\lambda\mu}{1 - \lambda^4} [1 - 2c - \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4} + 2c\sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4}]}{-1 + 2c},$$

$$a_2 = \frac{12\mu^2}{-1 + \lambda^4} \left(1 - \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4}\right),$$

$$V = \frac{-1 + \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4}}{-1 + \lambda^4}. \quad (25)$$

Substituting Eq. (25) into (23) we have three types of traveling wave solutions of Eq. (21):

$$\xi = x + \left(\frac{-1 + \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4}}{-1 + \lambda^4} \right) t, \quad (26)$$

$$u_1(\xi) = a_0 + \frac{a_1 \lambda}{-\mu + \lambda A (\text{Cosh}(\xi \lambda) - \text{Sinh}(\xi \lambda))} + \frac{a_2 \lambda^2}{(-\mu + \lambda A (\text{Cosh}(\xi \lambda) - \text{Sinh}(\xi \lambda)))^2}. \quad (27)$$

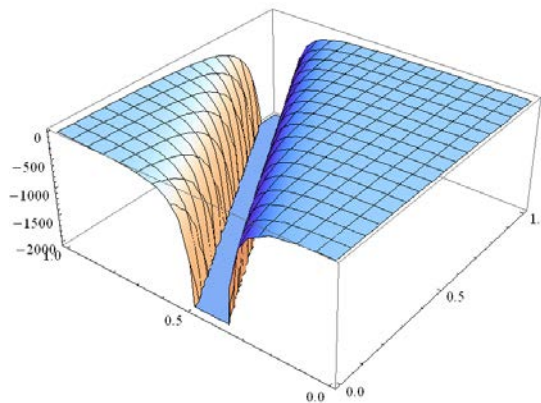


Fig 5: Traveling wave solution of Eq. (21) for case 1 when $\lambda=1.2, \mu=3, c=-3, A=1$

Giving values to constants in Eq. (26) and (27), we obtain figure 5. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (21) in figure 5.

Case 2:

$$\begin{aligned}
 a_0 &= -1 + \frac{-1 + \lambda^2 + \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4}[-1 + \lambda^2]}{-1 + \lambda^4}, \\
 a_1 &= \frac{\frac{12\lambda\mu}{1 - \lambda^4} \left[1 - 2c + \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4} - 2c\sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4} \right]}{-1 + 2c}, \\
 a_2 &= \frac{12\mu^2}{-1 + \lambda^4} \left(1 + \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4} \right), \\
 V &= \frac{-1 - \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4}}{-1 + \lambda^4}, \tag{28}
 \end{aligned}$$

substituting Eq. (28) into (23) we have three types of traveling wave solutions of Eq. (21):

$$\xi = x + \left(\frac{-1 - \sqrt{2c + \lambda^4 - 2c\lambda^4}}{-1 + \lambda^4} \right) t, \tag{29}$$

$$u_2(\xi) = a_0 + \frac{a_1\lambda}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))} + \frac{a_2\lambda^2}{(-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda)))^2}. \tag{30}$$

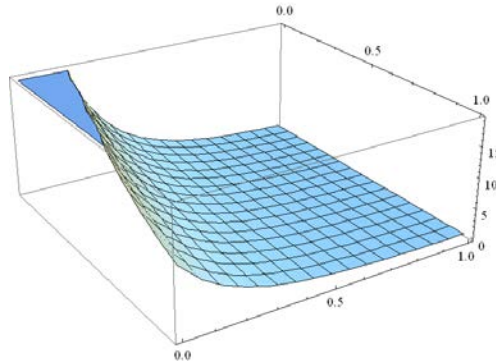


Fig 6: Traveling wave solution of Eq. (21) for case 2 when

$$\lambda = 1.2, \mu = 3, c = -3, A = 1.$$

Giving values to constants in Eq. (29) and (30), we obtain figure 6. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (21) in figure 6.

Example 3. Let's consider sixth-order Boussinesq equation (Aslan and Öziş, 2009).

$$u_{tt} - u_{xx} - (15uu_{4x} + 30u_x u_{3x} + 15(u_{2x})^2 + 45u^2 u_{2x} + 90uu_x^2 + u_{6x}) = 0, \quad (31)$$

for the application of the method, we can use transformation $u(x,t) = U(\xi)$, $\xi = x - Vt$, then Eq. (31) become

$$(V^2 + 1)U'' - (15UU^{(4x)} + 30U'U''' + 15(U'')^2) + 45U^2U'' + 90U(U')^2 + U^{(6x)} = 0, \quad (32)$$

when balancing UU^4 , $U^{(6x)}$ then gives $m = 2$. Therefore, we may choose

$$U(\xi) = a_0 + a_1 \left(\frac{1}{G'} \right) + a_2 \left(\frac{1}{G'} \right)^2, \quad (33)$$

substituting Eq. (33) into (32) yields a set of algebraic equations for $a_0, a_1, a_2, \mu, c, \lambda$ and V . These systems are

$$\begin{aligned} & -a_1\lambda^2 - 45a_0^2a_1\lambda^2 + a_1V^2\lambda^2 - 15a_0a_1\lambda^4 - a_1\lambda^6 = 0, \\ & -180a_0a_1^2\lambda^2 - 4a_2\lambda^2 - 180a_0^2a_2\lambda^2 + 4a_2V^2\lambda^2 - 60a_1^2\lambda^4 - 240a_0a_2\lambda^4 - 64a_2\lambda^6 - 3a_1\lambda\mu - \\ & 135a_0^2a_1\lambda\mu + 3a_1V^2\lambda\mu - 225a_0a_1\lambda^3\mu - 63a_1\lambda^5\mu = 0, \\ & -135a_1^3\lambda^2 - 810a_0a_1a_2\lambda^2 - 675a_1a_2\lambda^4 - 450a_0a_1^2\lambda\mu - 10a_2\lambda\mu - 450a_0^2a_2\lambda\mu + 10a_2V^2\lambda\mu - \\ & 555a_1^2\lambda^3\mu - 1950a_0a_2\lambda^3\mu - 1330a_2\lambda^5\mu - 2a_1\mu^2 - 90a_0^2a_1\mu^2 + 2a_1V^2\mu^2 - 750a_0a_1\lambda^2\mu^2 - \\ & 602a_1\lambda^4\mu^2 = 0, \\ & -720a_1^2a_2\lambda^2 - 720a_0a_2^2\lambda^2 - 960a_2^2\lambda^4 - 315a_1^3\lambda\mu - 1890a_0a_1a_2\lambda\mu - 4695a_1a_2\lambda^3\mu - \\ & 270a_0a_1^2\mu^2 - 6a_2\mu^2 - 270a_0^2a_2\mu^2 + 6a_2V^2\mu^2 - 1515a_1^2\lambda^2\mu^2 - 4950a_0a_2\lambda^2\mu^2 - \\ & 8106a_2\lambda^4\mu^2 - 900a_0a_1\lambda\mu^3 - 2100a_1\lambda^3\mu^3 = 0, \\ & -1125a_1a_2^2\lambda^2 - 1620a_2a_1^2\lambda\mu - 1620a_0a_2^2\lambda\mu - 5910a_2^2\lambda^3\mu - 180a_1^3\mu^2 - 1080a_0a_1a_2\mu^2 - \\ & 10920a_1a_2\lambda^2\mu^2 - 1620a_1^2\lambda\mu^3 - 5040a_0a_2\lambda\mu^3 - 21840a_2\lambda^3\mu^3 - 360a_0a_1\mu^4 - 3360a_1\lambda^2\mu^4 = 0, \\ & -540a_2^3\lambda^2 - 2475a_1a_2^2\lambda\mu - 900a_2a_1^2\mu^2 - 900a_2^2a_0\mu^2 - 12690a_2^2\lambda^2\mu^2 - 10500a_1a_2\lambda\mu^3 - \\ & 600a_1^2\mu^4 - 1800a_0a_2\mu^4 - 29400a_2\lambda^2\mu^4 - 2520a_1\lambda\mu^5 = 0, \\ & -1170a_2^3\lambda\mu - 1350a_1a_2^2\mu^2 - 11520a_2^2\lambda\mu^3 - 3600a_1a_2\mu^4 - 19440a_2\lambda\mu^5 - 720a_1\mu^6 = 0, \\ & -630a_2^3\mu^2 - 3780a_2^2\mu^4 - 5040a_2\mu^6 = 0. \end{aligned} \quad (34)$$

From the solutions system (34), we obtain the following with the aid of Mathematica.

Case 1:

$$a_0 = -\frac{\lambda^2}{3}, \quad a_1 = -4\lambda\mu, \quad a_2 = -4\mu^2, \quad V = -\sqrt{1 - \lambda^4}, \quad (35)$$

substituting Eq. (35) into (33) we have three types of traveling wave solutions of Eq. (31):

$$\xi = x + \left(\sqrt{1 - \lambda^4}\right)t, \quad (36)$$

$$U_1(\xi) = -\frac{\lambda^2}{3} - \frac{4\lambda^2\mu}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))} - \frac{4\mu^2\lambda^2}{(-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda)))^2}. \quad (37)$$

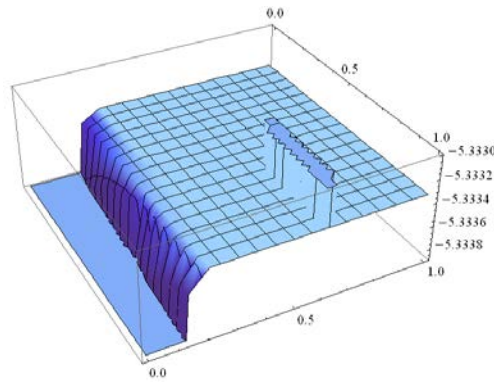


Fig 7: Traveling wave solution of Eq. (31) for case 1 when

$$\lambda = 4, \mu = 3, A = 1.$$

Giving values to constants in Eq. (36) and (37), we obtain figure 7. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (31) in figure 7.

Case 2:

$$a_1 = -2\lambda\mu, \quad a_2 = -2\mu^2, \quad V = \sqrt{1 + 45a_0^2 + 15a_0\lambda^2 + \lambda^4}, \quad (38)$$

substituting Eq. (38) into (33) we have three types of traveling wave solutions of Eq. (31):

$$\xi = x - \left(\sqrt{1 + 45a_0^2 + 15a_0\lambda^2 + \lambda^4}\right)t, \quad (39)$$

$$U_2(\xi) = a_0 - \frac{2\lambda^2\mu}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))} - \frac{2\mu^2\lambda^2}{(-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda)))^2}. \quad (40)$$

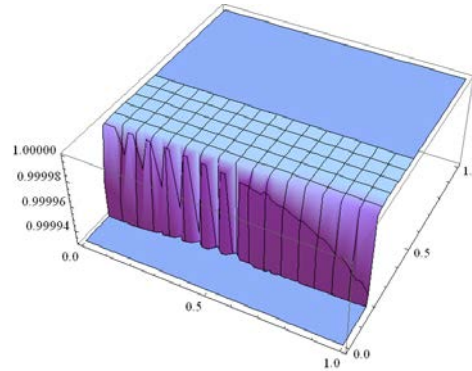


Fig 8: Traveling wave solution of Eq. (31) for case 2 when $\alpha_0 = 1, \lambda = 4, \mu = 3, A = 1.$

Giving values to constants in Eq. (39) and (40), we obtain figure 8. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (31) in figure 8.

Case 3:

$$a_0 = -\frac{\lambda^2}{3}, \quad a_1 = -4\lambda\mu, \quad a_2 = -4\mu^2, \quad V = \sqrt{1 - \lambda^4}, \quad (41)$$

substituting Eq. (41) into (33) we have three types of traveling wave solutions of Eq. (31):

$$\xi = x - (\sqrt{1 - \lambda^4})t, \quad (42)$$

$$U_3(\xi) = -\frac{\lambda^2}{3} - \frac{4\lambda^2\mu}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))} - \frac{4\mu^2\lambda^2}{(-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda)))^2}. \quad (43)$$

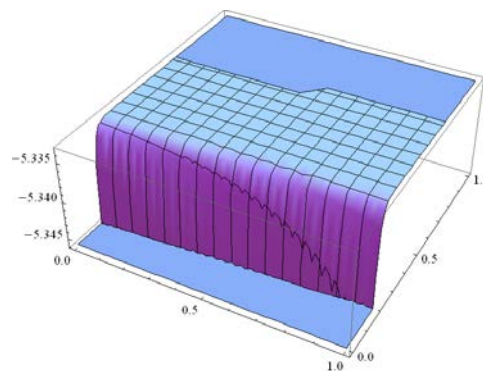


Fig 9: Traveling wave solution of Eq. (31) for case 3 when $\lambda = 4, \mu = 3, A = 1.$

Giving values to constants in Eq. (42) and (43), we obtain figure 9. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (31) in figure 9.

Case 4:

$$a_1 = -2\lambda\mu, \quad a_2 = -2\mu^2, \quad V = -\sqrt{1 + 45a_0^2 + 15a_0\lambda^2 + \lambda^4}, \quad (44)$$

substituting Eq. (44) into (33) we have three types of traveling wave solutions of Eq. (31):

$$\xi = x + \left(\sqrt{1 + 45a_0^2 + 15a_0\lambda^2 + \lambda^4} \right) t, \quad (45)$$

$$U_4(\xi) = a_0 - \frac{2\lambda^2\mu}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))} - \frac{2\mu^2\lambda^2}{(-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda)))^2}. \quad (46)$$

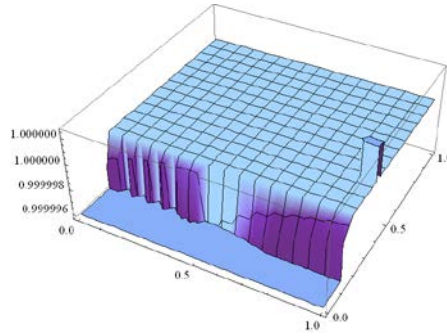


Fig 10: Traveling wave solution of Eq. (31) for case 4 when $a_0 = 1, \lambda = 4, \mu = 3, A = 1$.

Giving values to constants in Eq. (45) and (46), we obtain figure 10. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (31) in figure 10.

Example 4. Consider the Konopelchenko-Dubrovky system (Darwish and Ramary, 2007).

$$u_t - u_{xxx} - 6uu_x + \frac{3}{2}u^2u_x - 3w_y + 3wu_x = 0, \quad (47)$$

$$w_x - u_y = 0,$$

for doing this example, we can use transformation $w(x,t) = W(\xi)$, $u(x,t) = U(\xi)$, $\xi = x - Vt + y$, then Eq. (47) become

$$-VU' - U''' - 6UU' + \frac{3}{2}U^2U' - 3W' + 3WU' = 0, \quad (48)$$

$$W' - U' = 0.$$

When balancing gives U''', U^2U' and W', U' then gives $m=1, n=1$. Therefore, we may choose

$$u(\xi) = a_0 + a_1 \left(\frac{1}{G'} \right), \quad g(\xi) = b_0 + b_1 \left(\frac{1}{G'} \right). \quad (49)$$

Substituting Eq. (49) into (48) yields a set of algebraic equations for $a_0, a_1, a_2, \mu, c, \lambda$ and V . These systems are

$$\begin{aligned} -6a_0a_1\lambda + \frac{3}{2}a_0^2a_1\lambda + 3a_1b_0\lambda - 3b_1\lambda - a_1V\lambda - a_1\lambda^3 &= 0, \\ -6a_1^2\lambda + 3a_0a_1^2\lambda + 3a_1b_1\lambda - 6a_0a_1\mu + \frac{3}{2}a_0^2a_1\mu + 3a_1b_0\mu - 3b_1\mu - a_1V\mu - 7a_1\lambda^2\mu &= 0, \\ \frac{3a_1^3}{2} - 6a_1^2\mu + 3a_0a_1^2\mu + 3a_1b_1\mu - 12a_1\lambda\mu^2 &= 0, \end{aligned} \quad (50)$$

from the solutions of the system (50), we obtain the following with the aid of Mathematica.

Case 1:

$$a_0 = 1 - \lambda, \quad a_1 = -2\mu, \quad b_0 = \frac{1}{6}(15 + 2V - 6\lambda - \lambda^2), \quad b_1 = -2\mu, \quad (51)$$

substituting Eq. (49) into (51) we have traveling wave solutions of Eq. (47) as following

$$\xi = x + Vt + y. \quad (52)$$

$$U_1(\xi) = 1 - \lambda - \frac{2\lambda\mu}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))}, \quad (53)$$

$$W_1(\xi) = \frac{1}{6}(15 - 2V - 6\lambda - \lambda^2) - \frac{2\mu\lambda}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))}. \quad (54)$$

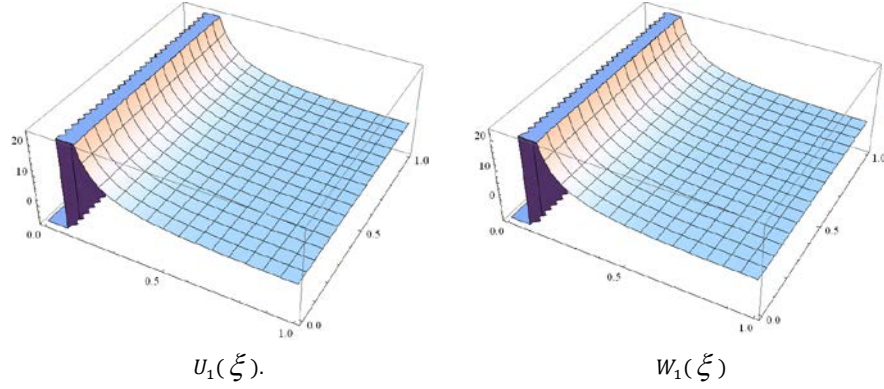


Fig 11: Traveling wave solution of Eq. (47) for case 1 when $t = 1, \lambda = 4, \mu = 3, A = 1, V = 1$.

Giving values to constants in Eq. (52), (53) and (54), we obtain figure 11. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (47) in figure 11.

Case 2:

$$a_0 = 1 + \lambda, \quad a_1 = 2\mu, \quad b_0 = \frac{1}{6}(15 + 2V + 6\lambda - \lambda^2), \quad b_1 = 2\mu, \quad (55)$$

substituting Eq. (49) into (55) we have traveling wave solutions of Eq. (47) as following

$$\xi = x + Vt + y. \quad (56)$$

$$U_2(\xi) = 1 + \lambda + \frac{2\lambda\mu}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))}, \quad (57)$$

$$W_2(\xi) = \frac{1}{6}(15 + 2V + 6\lambda - \lambda^2) + \frac{2\mu\lambda}{-\mu + \lambda A(\text{Cosh}(\xi\lambda) - \text{Sinh}(\xi\lambda))}. \quad (58)$$

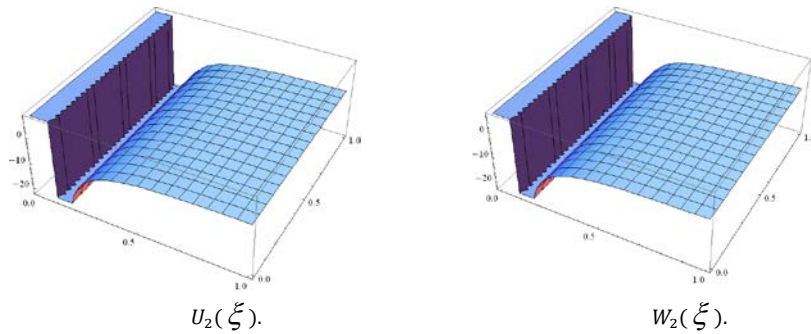


Fig.12: Traveling wave solutions of equation (47) for case 2, when $t=1, \lambda=4, V=1, \mu=3, A=1$

Giving values to constants in Eq. (56)-(58), we obtain figure 12. Therefore, we have showed traveling wave solution of Eq. (47) in figure 12.

3. CONCLUSIONS

We have implemented a relatively new expansion method in order to find some traveling wave solutions of the Klein-Gordon equation, Benjamin-Bona-Mahony equation, sixth-order Boussinesq equation, and Konopelchenko-Dubrovky system. It is also possible to apply this method to many other nonlinear equations or coupled ones. The solutions we have obtained via this method used in the present paper are different with the solutions of the method known as (G'/G) - expansion method in literature. In addition to this, the method is also computerizable, which allows us to perform complicated and tedious algebraic calculation on a symbolic computer programming environment such as Mathematica.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Grant No. 07-2015/10 of the Istanbul Commerce University of Publications, Research, Projects Coordination Committee (YAPKK), Istanbul, Turkey. The paper is based on a joint work with Dr. Asif Yokuş, Firat University, Turkey. Author is grateful for his valuable comments and suggestions.

REFERENCES

- Aslan I., Öziş T., (2009), "On the validity and reliability of the (G'/G) -expansion method by using higher-order nonlinear equation", *Appl. Math. Comp.* 211 531-536.
- Clarkson P.A., (1989), "New Similarity Solutions for the Modified Boussinesq Equation", *J. Phys. A: Gen.* 22 2355-2367.
- Darwish A.A., Ramary A., (2007), "Exact solutions for some nonlinear systems of partial differential equations, *Chaos, Solitons & Fractals.* 40 745-757.
- Elwakil S.A., El-labany S.K., Zahran M.A., and Sabry R., (2002), "Modified extended tanh-function method for solving nonlinear partial differential equations", *Phys. Lett. A* 299 179-188.

- Fan E., (2000), "Extended tanh-function method and its applications to nonlinear equations", *Phys. Lett. A* 277 212-218.
- Fan E., (2000), "Two new applications of the homogeneous balance method", *Phys. Lett. A* 265 353-357.
- Gorguis A., (2006), "A comparison between Cole–Hopf transformation and the decomposition method for solving Burgers' equations", *App. M. Com.* 173 126-136.
- Guo S., Zhou Y., (2010), "The extended (G'/G) -expansion method and its applications to the Whitham–Broer–Kaup–Like equations and coupled Hirota–Satsuma KdV equations", *Appl. Math. Comput.* 215 3214–3221.
- He J.H., Wu X.H., (2006), "Exp-function method for nonlinear wave equations", *Chaos, Solitons & Fractals* 30 700-708.
- Inan, I.E., (2010), "Generalized Jacobi Elliptic Function Method for Traveling Wave Solutions of (2+1)-Dimensional Breaking Soliton Equation", *J. Sci. Engineering, Çankaya University* 7 39-50.
- Kaya D., Aassila M., (2002), "Decomposition method for the solution of the nonlinear Korteweg–de Vries equation", *Phys. Lett. A* 299 201–206.
- Kaya D., (2003), "An explicit and numerical solutions of some fifth-order KdV equation by decomposition method", *Appl. Math. Comput.* 144 353-363.
- Parkes E.J., Duffy B.R., (1996), "An automated tanh-function method for finding solitary wave solutions to non-linear evolution eq.", *Comp. Phys. Com.* 98 288-300.
- Wang B., Yang W., (1997), "Finite-dimensional behavior for the Benjamin-Bona-Mahony equation", *J. Phys. A: Math. Gen.* 30 4877-4885.
- Wang M., Li X., Zhang J., (2008), "The (G'/G) -expansion method and traveling wave solutions of nonlinear evolution equations in mathematical physics", *Phys. Lett. A* 372 417-423.
- Wazwaz A., (2005), "The tanh method: solitons and periodic solutions for the Dodd–Bullough–Mikhailov and the Tzitzeica–Dodd–Bullough equations", *Chaos, Solitons & Fractals* 25 55-63.
- Wazwaz A.M., (2005), "The tanh and the sine-cosine methods for compact and noncompact solutions of the nonlinear Klein-Gordon equation", *Appl. Math. Comput.* 167 1179-1195.
- Yokus A., (2011), "Solutions of some nonlinear partial differential equations and comparison of their solutions", *Ph.D. Thesis, Firat University, Turkey.*
- Zheng X., Chen Y. and Zhang H., (2003), "Generalized extended tanh-function method and its application to (1+1)-dimensional dispersive long wave equation", *Phys. Lett. A* 311 145-157.

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

YAYIN KOŞULLARI VE YAZIM KURALLARI

- İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi hakemli bir dergidir.
- Dergi her akademik yılın Güz ve Bahar Dönemlerinde, en az iki sayı yayımlanır.
- Dergimizde yayımlanacak yazılara ilişkin koşullar aşağıdadır.

YAYIN KOŞULLARI

1. Dergide *Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca* yazılmış yazılar yayımlanır.
 2. Dergiye basılmak üzere gönderilen araştırma makalesi, tarama makalesi ve bildiri niteliğindeki yazıların daha önce başka bir yerde yayımlanmamış olması ya da yayın için değerlendirme aşamasında bulunmaması gerekmektedir.
 3. Dergide yayımlanacak yazıların yazım ve dilbilgisi kurallarına uygun olması şarttır.
 - Bu kuralara uygun olan yazılar iki ayrı hakem tarafından değerlendirilir. Hakemlerden birinin olumlu, diğerinin olumsuz görüş bildirmesi halinde üçüncü bir hakeme başvurulur.
 - Yazıların yayımlanması için en az iki hakemin olumlu görüş bildirmesi şarttır.
 - Hakem görüşü doğrultusunda yazarlardan kısaltma ve/veya düzeltme yapmaları istenebilir.
 - Yazılar olumlu hakem görüşleri alındıktan sonra sıraya konularak yayımlanır.
 - Yazıların dergide yayımlanması konusunda son karar Editöre aittir. Yazı hakkındaki değerlendirme yazar(lar)a en kısa zamanda hakem raporlarıyla birlikte iletilir.
 - Dergide yayımlanan yazılar ayrıca elektronik ortamda aşağıdaki adreste de yayımlanır.
- <http://www.ticaret.edu.tr/tr/Sayfa/Akademik/İstanbulTicaretUniversitesiYayinlari/İstanbulTicaretUniversitesiFenBilimleriDergisi>
4. Dergide yayımlanan yazıların telif hakları yazarı veya yazarları tarafından karşılıksız olarak İstanbul Ticaret Üniversitesine devredilir. Yazarlar yayımlanacak makaleleri için, **Makale Sunum Formu**' nu doldurmak ve imzalayarak telif haklarını devrettiklerini beyan etmek zorundadır.
 5. Dergiye basılmak üzere gönderilen yazılar, yayımlansın veya yayımlanmasın yazarına geri gönderilmez.
 6. Dergide yayımlanan yazılardaki görüşler ve bu konudaki sorumluluk yazarına veya yazarlarına aittir.
 7. Dergide yayımlanacak çeviri yazılarda çevirmen eserin yazarından ve/veya yayın hakkına sahip kişi veya kurumdan yazılı yayım izni almak ve bu izin belgesini yayın kuruluna iletmek zorundadır.
 8. Derginin bir sayısında bir yazarın birden fazla yazısı yayımlanmaz. Ancak ortak çalışma ürünü olan ve birden çok yazarlı çalışmalarda bu koşul aranmaz.

9. Üniversitemiz bünyesindeki enstitülerde tamamlanan, uygun yüksek lisans veya doktora tezlerinden üretilen makaleler de Fen Bilimleri Dergisi`nde mevcut hakem sürecinden geçmek şartıyla yayınlanabilir.

YAZIM KURALLARI

1. Yazılar Microsoft Windows Word 6.0 veya daha üst programda yazılmalıdır.
2. Yazılar “Times New Roman” 10 punto ile tek aralıklı yazılmalıdır. Sayfa düzeni için üst 6 cm, alt 5 cm ve kenarlarda sağ 4,5 cm, sol 4,5 cm boşluk bırakılmalı ve her sayfa numaralandırılmalıdır.
3. Yazının ilk sayfasında
 - Yazının başlığı sola yaslanmış, 12 punto koyu yazılmalıdır (Büyük harf).
 - Başlığın alt ve sol tarafında yazarın ismi 10 punto koyu verilmelidir.
 - Yazarın bağlı bulunduğu kuruluş ve unvanı birinci sayfanın en altında 8 punto italik olarak verilmelidir.
 - Türkçe ve İngilizce olarak yazılmış 100-150 kelimelik özetler 8 punto olarak verilmelidir. Özetler 2. sayfaya taşmamalıdır.
 - Özet’in üzerindeki başlık özet’in hemen üstünde, özet’in dilinde ve 10 punto olarak verilmelidir.
 - Özet’in altlarında anahtar kelimeler (keywords) 8 punto koyu ve italik olarak belirtilmelidir
4. Makale metni 2. sayfadan başlamalıdır.
5. Giriş ve Sonuç kısımları da dahil olmak üzere yazının tüm bölümleri ve başlıkları numaralandırılmalı ve koyu yazılmalıdır. Örneğin,
 1. GİRİŞ
 2. YÖNETİM VE ORGANİZASYON
 - 2.1. Yönetim Kavramı
 - 2.2. ...
6. Yazılarda yer alan tablo içermeyen bütün görüntüler (fotoğraf, çizim, diyagram, grafik, harita vb.) “şekil” olarak adlandırılmalıdır.
 - Tablo ve şekillere başlık (sıra numarası ve ad) verilmelidir.
 - Tablolarda başlıklar üstte, şekillerde ise başlık altta yazılmalıdır. Tablo ve şekil başlıkları ortalanarak koyu yazılmalıdır. Başlıkta yer alan kelimelerin baş harfleri büyük yazılmalıdır. Tablo başlığından sonra 6 pt boşluk bırakılmalıdır.
 - Tablo veya Şekillere ilişkin olası kaynak bilgileri de tablo veya şeklin altında gösterilmelidir.
 - Denklemlerde verilecek sıra numaraları parantez içinde ve sağ tarafta yer almalıdır.
7. Kaynaklara göndermelerin (atıfların) gösterilmesinde yayın bilgileri, metinde parantez içinde (yazar soyadı, yayın tarihi ve sayfa numarası) sırasıyla verilmelidir. Örneğin;
 - Tek yazar; (Kryszig, 2011)
 - İki yazarlı; (Spellman ve Whiting, 2004)

- Çok yazarlı; (Smith vd., 1993)
 - Bir yazarın aynı yıl içinde yapmış olduğu birden fazla çalışması kaynak olarak kullanılıyorsa; (Smith, 1992 / a), (Smith, 1992 / b)
 - Aynı soyadına sahip ilk adları farklı yazarlar (R. D. Luce, 1959), (P. A. Luce, 1986)
 - Gönderme yapılan kaynaklar birden fazla olduğunda alfabetik olarak (Dinçkol, 1986; Lalik, 1998; Oğuz, 1997)
 - Bir Kurum'un veya Grup'un eseri olan yayımlara ilk defa yapılacak bir atfı için (Türk Dünyası Mühendisler ve Mimarlar Birliği(TDMMB), 2015); bu kaynağın sonraki tekrarlarında (TDMMB, 2015)
 - Tarihsiz Çalışmalarda “bilinmeyen tarih” bt olarak (Eflatun, bt)
 - Anonim yazılarda (Anonim, 2015) olarak verilmelidir.
8. Makalede bulunması gereken ve makalenin sonuna eklenecek **Kaynakça**'da yazarlar soyadlarına göre alfabetik olarak sıralanmalıdır.
9. Çalışmanın içeriğinde gösterilmemiş bir kaynak esere kaynakçada yer verilmemelidir.
10. Bir yazarın aynı yıl içinde yapmış olduğu birden fazla çalışması kaynakçada yer alacaksa, yayım tarihinden sonra “a,b,c” gibi ibareler konulmalıdır. (1992 / a) (1992 / b)
11. Kaynakça kısmında
- Kitaplar
Yazar(lar)ın Soyadı, ve Adının Baş harfi., (yıl), Kitabın Adı, Basım Yeri, Yayınevi.
Pakdemirli, E., (1995), Ekonomimizin Sayısal Görünümü 1923'ten Günümüze, İstanbul, Milliyet Yayınları.
 - Editörlü Kitap
Editör(ler) in Soyadı ve Adının Baş harfi., (edt.), (Yıl), Kitabın Adı, Basım Yeri, Yayınevi.
Şenyüz, K., (edt.), (2004), Takı Tasarımı, İstanbul, Urartı Yayın ve Dağıtım.
 - Editörlü Kitaptan Bölüm
Yazar(lar)ın Soyadı ve Adının Baş harfi., (Yıl), Bölümün Başlığı, Editör(ler) in Soyadı ve Adının Baş harfi.,(edt.), Kitabın Adı, (Sayfa Aralığı), Basım Yeri, Yayınevi.
Arens, A., and Loebbecke, J., (2000), The Audit Process, Elder. R., Beasley. M., (eds), Auditing-An Integrated Approach, (141- 217), New Jersey, Prentice Hall,
 - Dergilerdeki Makaleler
Yazar(lar)ın Soyadı, Adının Baş harfi., (Yıl), “Makalenin Başlığı”, Derginin Adı, Cilt Sayı, sayfa aralığı.

Zaim, A. H., (2013), “A reputation-based privacy management system for social networking sites”, Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 1(21), 766-784.

Seferoglu, H., Şimşek, N., (2011), “The Banach Algebras Generated by Operators with One-Point Spectrum”, Acta Mathematica Sinica, 1(31)(2) (201), 673-680.

- Web Sitesinden Doküman
[http://www.\(sitenin_adi\). \[gün, ay, yıl, web;\]](http://www.(sitenin_adi).[gün, ay, yıl, web;])
olarak verilmelidir.

NOT: Dergimize yayımlanmak üzere makale gönderecek yazarların, yukarıda verilen yazım kurallarına uymaları zorunludur. Ancak, bu kurallar arasında yer verilmemiş bir kaynaktan alıntı yapmak ve yaptıkları alıntıyı paragraf içinde göstermek zorunda olan yazarlar; kaynak gösterme kılavuzuna aşağıdaki sitede veya kitapta bulabilirler.

* www.elyadal.org (Akademik Yazım Kuralları Kitapçığı)

* Gür, B., Bilimsel Düşünme, (2011), **Araştırma ve Yazmada İlkeler-Yöntemler**, İstanbul, Nobel Yayınevi.

12. Yazının sonuna yazar ya da yazarların e-posta adresi eklenmelidir.
13. Yazının elektronik ortamdaki “.doc” veya “.docx” uzantılı kaydı, dergi adresine elektronik postayla olarak da gönderilmek zorundadır.
14. Yazarlar kendilerine ait haberleşme adreslerini veya diğer iletişim bilgilerini yayın kuruluna bildirmelidir.

Dergi e-mail adresi: fendergi@ticaret.edu.tr

Adres

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi
Küçükalyalı E-5 Kavşağı İnönü Cad. No:4
34840 Küçükalyalı/İstanbul
Tel:0216 489 18 88 (3141)
Fax: 0216 489 02 69

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
ISTANBUL COMMERCE UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE

Makale Sunum Formu
Manuscript Submission Form

Makaleyi sunan yazar : _____
Corresponding Author

Makalenin Başlığı : _____
Title

Makalenin ilgili olduğu anabilim dalı : _____
Research field of the submitted work

Makale ile ilgili anahtar kelimeler : _____
Keywords

Makalenin yazarları : _____
Complete list of authors

Makalenin Türü : _____
(Araştırma Makalesi, Tarama Makalesi, Bildiri, Çeviri, Diğer)
Category of the manuscript
(*Research Article, Review Paper, Report, etc*)

Makale No : _____
(Makale teslim alındığında verilecek numara)
Manuscript reference number
(*Assigned Upon submission*)

Makaleyi sunan yazarın, *Corresponding author's*

Çalıştığı kurum (*company*) : _____

Posta adresi (*address*) : _____

e-posta adresi (*e-mail*) : _____

Telefon no (*Phone*) : _____

Faks No (*Fax*) : _____

Sunulan makalenin sayfa sayısı : _____
Number of pages

Makalenin sunulduğu tarih : _____
Submission date

İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi'nde yer alacak yazılara ilişkin koşulları kabul ettiğimi ve yazımın telif haklarını İstanbul Ticaret Üniversitesine devrettiğimi bildiririm.
I accept to comply with the requirements for the articles to be submitted to İstanbul Commerce University and the transfer of copyright to İstanbul Commerce University.

Makaleyi sunan yazarın imzası : _____
Signature of the corresponding author

Forma ulaşmak için
To obtain form

<http://www.ticaret.edu.tr/uploads/dosyalar/2014/2014924153251108.pdf>