

ISSN: 1305-7820
E-ISSN: 2587-165X



İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ

DERGİSİ

Yıl: 16

Year: 16



Sayı: 31

Volume: 31

Bahar 2017

Spring 2017

Istanbul Commerce University
Journal of Science

İstanbul Ticaret Üniversitesi Adına Sahibi Owner on behalf of İstanbul Commerce University	Prof. Dr. Nazım EKREN İstanbul Ticaret Üniversitesi Rektörü
Yayın Kurulu <i>Editorial Board</i>	Prof. Dr. İbrahim BAZ İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Münevver TURANLI İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. A. Işık AYDEMİR İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK İstanbul Ticaret Üniversitesi
Editör <i>Editor</i>	Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü <i>Publishing Manager</i>	Selma DEMİREL İstanbul Ticaret Üniversitesi
Yönetim Yeri <i>Head Office</i>	İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yazışma Adresi <i>Corresponding Address</i>	İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Küçükyalı E-5 Kavşağı İnönü Cad. No: 4 Küçükyalı 34840 İstanbul-TURKEY Tel: 0 216 444 0 413 (3141) e-posta: fendergi@ticaret.edu.tr
İnternet Adresi <i>Web Address</i>	http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid
Yayın Türü <i>Publication Type</i>	Yerel Süreli / <i>Periodical</i> Yılda iki sayı yayımlanır: Bahar ve Güz <i>Published two issues per year: Spring and Fall</i> ISSN : 1305-7820 E-ISSN : 2587-165X
Asitsiz kağıda basılmaktadır <i>Printed on acid free paper</i>	Bu sayı 500 adet basılmıştır. This issue published as 500 pieces
Derginin Tarandığı Kaynaklar	 

Danışma Kurulu <i>Advisory Board</i>	Prof. Dr. Abdül Halim Zaim	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Adnan Çalık	Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta
	Prof. Dr. Aslan Gülcü	Atatürk Üniversitesi
	Prof. Dr. Ahmet Kara	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Ahmet Şükrü Özdemir	Marmara Üniversitesi, İstanbul
	Prof. Dr. Ali Farajzadeh	Razi University, Kermanshah, Iran
	Prof. Dr. Doğan Kaya	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Ekrem Savaş	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Fatih Nuray	Afyon Kocatepe Üniversitesi
	Prof. Dr. Hamdullah Şevli	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Heybet S. Mustafayev	Yüzüncü Yıl Üniversitesi
	Prof. Dr. Habip Dayıoğlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Halime Dicle Cengiz	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İdris Oğurlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail Demir	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail Ekmekçi	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail Kömbe	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. İsmail Küçük	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi
	Prof. Dr. Kemal Varol	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Manaf Manafli	Adıyaman Üniversitesi
	Prof. Dr. Mehmet Akbaba	Karabük Üniversitesi
	Prof. Dr. Mehmet Emin Özdemir	Uludağ Üniversitesi
	Prof. Dr. Metin Başarır	Sakarya Üniversitesi
	Prof. Dr. Metin Gümüş	Marmara Üniversitesi, İstanbul
	Prof. Dr. Mikail Et	Fırat Üniversitesi, Elazığ
	Prof. Dr. Mohammad Mursaleen	Aligarh Muslim University, India
	Prof. Dr. Muammer Kalyon	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Murat Koca	Adıyaman Üniversitesi
	Prof. Dr. Mustafa Köksal	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Mustafa Kurt	Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir
	Prof. Dr. Necip Şimşek	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Nour El Houda Bouzara	Univ. Sci. and Tech. H. Bou., Algeria
	Prof. Dr. Oğuz Borat	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Orhan İçelli	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
	Prof. Dr. Osman Yazıcıoğlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Rıfat Yazıcı	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. S. Ahmet Oymak	Harran Üniversitesi, Şanlıurfa
	Prof. Dr. Seyit Temir	Adıyaman Üniversitesi
	Prof. Dr. Sibkat Kaçtıoğlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Tunçay Toprak	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Ünal Halit Özden	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Prof. Dr. Vagif Guliyev	Academy of Science, Azerbaijan
Prof. Dr. Vatan Karakaya	Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir	
Prof. Dr. Yasin Üst	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul	
Prof. Dr. Zeki Çizmecioglu	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Doç. Dr. Bayram Ali Ersoy	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul	
Doç. Dr. Emrah Evren Kara	Düzce Üniversitesi	
Doç. Dr. Erincik Edgü	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Doç. Dr. H. Haluk Selim	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Doç. Dr. Hasan Genç	Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van	
Doç. Dr. İdris Kabalcı	Karabük Üniversitesi	
Doç. Dr. Murat Kirişçi	İstanbul Üniversitesi, İstanbul	
Doç. Dr. Murat Sarı	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul	
Doç. Dr. Murat Yalçıntaş	İstanbul Ticaret Üniversitesi	

Danışma Kurulu <i>Advisory Board</i>	Doç. Dr. N. Öykü İyigün	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Nigar Merdan	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Özlem Deniz Başar	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Serhan Yarkan	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Serkan Çankaya	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Ş. Taha İmeci	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Doç. Dr. Yusuf Zeren	Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
	Yrd. Doç. Dr. Abdullah Demir	Marmara Üniversitesi, İstanbul
	Yrd. Doç. Dr. Ali Boyacı	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Aybike Öngel	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Başak Erdem Rena	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Berk Ayvaz	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Burhan Sattıcı	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Bülent Alataş	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Elif Güneren Genç	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Elif Kısar Koramaz	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Erdiç Öztürk	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul Çetinsoy	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. F. Serab Onursal	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Fernaz Öncel	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Gül Aslı Aksu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Irmak Bayburtlu	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Leyla Suri	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. M. Alper Özpınar	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Metin Turan	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Muhammet Ceylan	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. M. Cem Kasapbaşı	İstanbul Ticaret Üniversitesi
	Yrd. Doç. Dr. Nilgün Camkesen	İstanbul Ticaret Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Özdemir Sönmez	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Sebahattin Eker	İstanbul Teknik Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Seda Bağdatlı Kalkan	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
Yrd. Doç. Dr. Yavuz Irmak	İstanbul Ticaret Üniversitesi	

31. Sayı HAKEM LİSTESİ / REVIEWER LIST

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ; Yrd. Doç. Dr. Muhammed Ali AYDIN, Yrd. Doç. Dr. Mahmut ÖZTÜRK, İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ; Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU, Prof. Dr. Münevver TURANLI, Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ, Yrd. Doç. Dr. Muhammet CEYLAN, İBN HALDUN ÜNİVERSİTESİ; Yrd. Doç. Dr. Ali Osman KUŞAKÇI, YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ; Doç. Dr. İbrahim DEMİR, Yrd. Doç. Dr. Nezir AYDIN, Dr. Muhammet DEVECİ

AMAÇ VE KAPSAM

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid>), İstanbul Ticaret Üniversitesi'nin resmi yayın organıdır. Derginin amacı, Fen Bilimleri ve Mühendislik Bilimleri alanlarında yapılan özgün araştırma makaleleri, derlemeler, kısa makaleler, teknik not, kitap ve proje eleştirileri ve bilimsel nitelikli editöre mektupları yayınlayan uluslararası ve saygın bilimsel bir dergi olmaktır.

Dergide yayınlanacak makalelerin etik kurallara uygun hazırlanması, Ulusal ve uluslararası geçerli etik kurallarına uygun yazılmış olması ve ihtiyaç varsa etik kurul raporlarının alınmış olması gereklidir. Bu dergide yayınlanan makaleler bağımsız ve önyargısız çift körleme hakemlik (peer review) ilkeleri doğrultusunda bir danışma kurulu tarafından değerlendirilir. Makaleler başlıca altı kategoride yayınlanır: (1) "Araştırma Makaleleri", (2) Derleme Makaleler, (3) "Kısa Makaleler", (4) "Teknik Not ve Vaka Takdimleri", (5) "Kitap ve proje eleştirileri", (6) "Editöre mektup". Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca dillerinde yazılabilir; Türkçe, İngilizce ve makale yazım dilinde Öz ile Anahtar Kelimeler içermelidir. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Bahar ve Güz aylarında olmak üzere yılda iki kez yayınlanmaktadır ve <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid> internet adresi üzerinden takip edilebilir.

Yayın İzni

Bireysel kullanım dışında, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi'nde yayınlanan makaleler, şekiller ve çizelgeler yazılı izin olmaksızın çoğaltılamaz, bir sistemde arşivlenemez veya reklam ya da tanıtım amaçlı materyallerde kullanılamaz. Bilimsel makalelerde, uygun şekilde kaynak gösterilerek alıntılar yapılabilir.

Abone İşlemleri

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, belirlenen bazı kurum ve kuruluşlara, Üniversite Kütüphanesine ve çalışmaları yayımlanan bilim insanlarına düzenli olarak ulaştırılmaktadır. Yayınlanan makalelere çevrim-içi olarak <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid> adresinden ücretsiz olarak erişilebilmektedir.

Yazıların Bilimsel ve Hukuki Sorumluluğu

Yayımlanan yazıların bilimsel ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir. Yazıların içeriğinden ve kaynakların doğruluğundan yazarlar sorumludur. Editör, Yardımcı Editörler, Yayın ve Danışma Kurulu üyeleri ve Yayımcı, dergideki hatalardan veya bilgilerin kullanımından doğacak olan sonuçlardan dolayı sorumluluk kabul etmez.

AIMS and SCOPE

Istanbul Commerce University Journal of Science (<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid>), is the official journal of İstanbul Commerce University. The journal's aim is to be scientific journal publishing original research articles, short communications, reviews, technical notes, book and project criticisms and scientific editorial letters of science in the following areas: basic sciences and engineering fields.

Istanbul Commerce University Journal of Science

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 16(31), Güz 2017

<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid>



The articles to be published in this journal should be prepared and written in accordance with the national and international ethical rules, and if necessary ethical commission reports should be taken. Articles submitted to this journal are evaluated in a double-blinded peer reviewed fashion by an advisory committee. Articles are published mainly in six categories: (1) “Research articles”, (2) “Review articles”, (3) “Short Communications” (4) “Technical notes and case reviews”, (5) “Book/Project reviews” (6) “Letters to the Editor. All articles may be written in Turkish, English, German or French and should include abstracts and key words. İstanbul Commerce University Journal of Science is published two issues per year in spring and autumn. The journal also been available on-line by a website <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid>.

Permission Requests

Manuscripts, figures and tables published in the İstanbul Commerce University Journal of Science cannot be reproduced, archived in a retrieval system, or used for advertising purposes, except personal use. Quotations may be used in scientific articles with proper referral.

Subscriptions

İstanbul Commerce University Journal of Science is delivered complimentary to some institutes and organizations, University Library and authors/scientists. Full texts of all articles published are accessible free of charge through the web site <http://dergipark.gov.tr/ticaretfbid>.

Material Disclaimer

Scientific and legal responsibilities pertaining to the papers belong to the authors. Contents of the manuscripts and accuracy of references are also at the authors' responsibility. Editor, Associate Editors, Aditorial and Advisory Board members and the Publisher decline responsibility for errors or any consequences arising from the use of information contained in this journal.

Değerli İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Okurları,

Dergimizin 16. yılında 31 sayımız olan Bahar 2017 baskısını siz değerli okurlarımızla paylaşmaktan onur duymaktayız.

Dergimizin bu sayısında Endüstri Mühendisliği, İstatistik ve Siber Güvenlik alanlarından altı makaleyi siz okurlarımızın istifadesine sunmaktan mutluyuz.

Dergimizin bu sayısında, üniversitemiz içinden ve dışından çalışmalarını bizim aracılığıyla okuyucularıyla paylaşan yazarlarımıza, makalelerin hakemlik süreçlerine itinalı çalışmaları ile katkıda bulunan değerli akademisyenlere ve derginin hazırlanmasında emeği geçen çalışma arkadaşlarımıza teşekkürlerimizi sunarız.

Dergimizin bu sayısının fen bilimleri alanında değindiği konulara farklı ve güncel bakış açıları kazandırmasını temenni eder, bir sonraki sayımızda okuyucularımızla buluşmayı dileriz.

Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Fen Bilimleri Dergisi Editörü

Dear Readers, Istanbul Commerce University Journal of Science,

In the 16th year of our journal, we are honored to share with you our esteemed readers the 31th issue of the Spring 2017 edition.

In this issue of our journal, we are pleased to present six articles from the fields of Industrial Engineering, Statistics and Syber Security to the readers.

In this issue of our journal, we present our thanks to our writers who share their work with our readers through our university and our colleagues who have contributed to the preparation of the magazine and the valuable academicians who contributed to their studies.

We hope that this number of our journal will give you different and up-to-date insights into the subjects of science, and we would like to meet with our readers in the next issue.

Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Editor of Journal of Science

İÇİNDEKİLER/ CONTENTS

Araştırma Makaleleri/ Research Articles

Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering

- Vikor Ve Topsis Yöntemleri Kullanılarak Peyniraltı Suyu Tozu Üretimi Yapan Bir İşletme İçin Tesis Yeri Seçimi: Trakya Bölgesinde Bir Vaka Çalışması** **1**
Determination Of Facility Place For An Enterprise Which Produces Whey Powder By Using Vikor And Topsis Methods: A Case Study In Trakia Region
Bahadır GÜLSÜN, Gülsüm ŞAHİN
- Türkiye'deki Doğal Gaz Tüketimi Ve Gri Tahmin Metoduyla Tahmin Edilmesi** **23**
Natural Gas Consumption In Turkey And Estimated By Gray Estimation Method
Tuğba EREN, Sibkat KAÇTIOĞLU
- A Branch And Bound Approach For Single Machine Scheduling Problem** **43**
Tek Makine Çizelgeleme Problemi İçin Dal Sınır Yaklaşımı
Sebrina Tadesse DAWD, Berk AYVAZ

Tarama Makaleler / Review Articles

İstatistik / Statistics

- Sayma Süreçleriyle Yaşam Sürdürme Analizi** **57**
Counting Process In Survival Analysis
Emel BAŞAR

Siber Güvenlik / Syber Security

- Otopark Sistemlerinde İstanbul Kart Uygulaması İspark Örneği** **73**
Istanbul Card Applications In Car Park Systems; Example Of Ispark
Ali GÜNGÖR, Erdinç ÖZTÜRK
- Veri ve Ağ Güvenliği İçin Uygulama ve Analiz Çalışmaları** **85**
Application And Analysis Studies For Data And Network Security
Ömer Faruk KAYA, Erdinç ÖZTÜRK

Araştırma Makalesi

**VIKOR VE TOPSIS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
PEYNİRALTI SUYU TOZU ÜRETİMİ YAPAN BİR İŞLETME
İÇİN TESİS YERİ SEÇİMİ: TRAKYA BÖLGESİNDE BİR
VAKA ÇALIŞMASI***

Bahadır GÜLSÜN¹, Gülbahar ŞAHİN²

^{1,2} Yıldız Teknik Üniv., Makine Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü 34349 Beşiktaş İstanbul, Turkey
bahadir@yildiz.edu.tr gulbaharsahin@yandex.com

Öz

Tesis yeri seçimi gibi stratejik kararlar çoğu durumda birbirleriyle çelişen, pek çok kriterin dikkate alınması gereken kararlardır. Bir gıda firmasının yeni bir tesis açma ihtiyacı sonucu tesis yeri seçimi problemi ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, Trakya Bölgesinde yeni bir tesis açılmasına karar verilmesi durumunda, olası tesis yerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Peyniraltı suyu ülkemizde atık olarak görülmektedir ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Peyniraltı suyu çabuk bozulabilir bir gıda maddesidir. Kurulacak tesis peyniraltı suyunu protein tozuna dönüştürecektir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden; Topsis ve Vikor yöntemleriyle, Trakya Bölgesinde tesis yeri seçimi için potansiyel bölgelerin değerlendirilmesi ve bunun sonucunda; en uygun yer seçimi belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulamada; karar verici olarak akademisyen, endüstri mühendisi ve sektörde çalışan yetkililerden oluşan bir grup belirlenmiştir. Karar vericiler tarafından, sekiz adet kriter ve üç adet alternatif belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trakya Bölgesi, Peyniraltı Suyu Tozu, Tesis Yeri Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, TOPSIS, VIKOR.

Research Article

**DETERMINATION OF FACILITY PLACE FOR AN ENTERPRISE WHICH
PRODUCES WHEY POWDER BY USING VIKOR AND TOPSIS
METHODS: A CASE STUDY IN TRAKIA REGION**

Abstract

The strategic decisions such as facility selection are the decisions that should consider several criteria contrasting with each other in most instances. The facility location problem we considered here has emerged due to the need to open a new facility of a food company. In this study, if a new facility was decided to be opened in Thrace Region, it was tried to determine the possible plant location. Whey is considered as waste in our country and causes environmental pollution. Whey is a perishable foodstuff. The facility which will be established will convert the whey to protein powder. In this study by using techniques of Topsis and Vikor, belonging to Multiple Criteria Decision Making (MCDM) techniques, it is tried to determine potential regions for the facility chose and selection of the most appropriate location for the new facility in Thrace Region. In practice, a group of academics, industrial engineers and officials working in the sector have been identified as decision makers. Eight criteria and three alternatives were determined by decision-makers.

Keywords: Thrace Region, Whey Powder, Facility Location Selection, Multi-Criteria Decision Making, TOPSIS, VIKOR.

* Received / Geliş tarihi: 22/06/2016

Accepted / Kabul tarihi: 30/09/2016

¹Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

bahadir@yildiz.edu.tr

1. GİRİŞ

Çözüm aranan tesis yeri seçim problemleri ve bu kapsamda alınacak olan kararlarda, pek çok kriterin etkileşim halinde olması, yüksek miktarda sermayenin bağlanması ve etkilerinin uzun soluklu olmasından dolayı, stratejik kararlar arasında yer almaktadır. Pazara yakınlık, tedarikçilere ve hammadde kaynaklarına yakınlık, işgücü temin durumu ve maliyeti, altyapı olanakları, yasal düzenlemeler ve teşvikler tesis yeri seçim kararlarını şekillendiren başlıca kriterlerdir.

Bu çalışmada tesis yeri seçimiyle ilgili genel bilgilere ve tesis yeri seçiminde kullanılacak olan çok kriterli karar verme yöntemlerinden Topsis ve Vikor yöntemleri hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Online protein tozu satışı yapan ve daha çok spor yapan insanlara yönelik ürün satışı yapan bir gıda firması, hazır olarak tedarik ettiği protein tozunu üreteceği yeni bir işletme kurmak istemektedir. Firmanın Ar-Ge departmanında çalışan mühendis ile iletişime geçerek yeni kurulacak işletme için tercih edilen alternatif iller ve tesis yeri seçiminde yardımcı olacak öncelikli kriterler belirlenmiştir.

Peyniraltı suyu, peynir mayası kullanılarak peynir yapımı sırasında kazein ve yağın pıhtı olarak ayrılmasından sonra, geri kalan ve bileşimi peynir çeşidine ve yapım tekniğine bağlı olarak değişen sıvıdır. Peyniraltı suyu içeriğindeki süt şekeri laktoz ve serum proteinlerince zengin gıda değeri yüksek kıymetli bir sudur. Atıldığında çevre kirliliği yapan bu hammadde, pastörize edilir, gelişmiş teknoloji sayesinde saflaştırılır ve üretim aşamalarının sonunda peyniraltı suyu tozu olarak gıda sanayimizin hizmetine sunulur.

Peyniraltı suyu çabuk bozulabilir bir gıda maddesi olması sebebiyle seçilen tesis yerinin hammaddeye yakınlığı oldukça önemlidir. Peyniraltı suyunun el değiştirmeden taşınması üretimden daha fazla verim alınmasını sağlayacaktır. Hammadde taşınması motorlu taşıtla yapılmayacak olup tedarik edilecek işletmeden boru hatlarıyla taşınacaktır. Bu durum hammadde taşıma maliyetini ortadan kaldıracaktır. Dağıtım İstanbul üzerinden yapılacağı için yakın bölge olarak Trakya Bölgesi tercih edilmiştir. Mamulün dağıtım merkezine ulaşması için karayolundan faydalanılacaktır. Ulaşımın sağlanması için illerin motorlu taşıt sayısı önemli olmaktadır. Tesisin kurulacağı bölge seçilirken, arazi maliyeti en düşük olan ve kriterlere en uygun olan arazi tercih edilecektir. Yeni tesis kurmak isteyen işletme, üretim yapabilmek için minimum maliyetle gerekli enerjiyi sağlamak istemektedir. Bunun için güneş enerjisi veya rüzgar enerjisinden faydalanarak kendi enerjilerini üretebilecek en uygun sistemi de kurabileceklerini bildirmişlerdir. Enerji faktörü yeni tesisin kurulumunda önemli bir kriter olmaktadır.

Bu doğrultuda tesis yeri seçimini yapabilmek için alternatifler ve kriterler çok kriterli karar verme yöntemlerinden Topsis ve Vikor yöntemleriyle en uygun yeri tespit etmek için bir uygulama yapılmıştır. Uygulama sonucu doğrultusunda; en uygun ilde tesis yeri kurulumuna karar verilmiştir.

2. YER SEÇİMİ YAPILACAK TESİS HAKKINDA BİLGİ

Gıda firması 2003 yılından günümüze gıdaları ve gıda takviye ürünlerini kendi tesislerinde üretmektedir. İşletmenin bu projeyi yapma hedefi; peyniraltı suyundan yüksek oranda protein içeren tozu üretmek ve çevre firmalardan peyniraltı sularını temin edip, çevresel atık olarak kabul edilen bu hammaddeyi en son teknolojiyle işleyerek hem çevreye hem Türk ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Üretilen tozdaki protein oranının artırılması gibi bir talebin bugüne kadar yapılmamış olması rakip firmaların bu konuda bir çaba göstermesini gerektirmemiştir. Kurulacak tesis ar-ge merkezi olarak kurulacaktır. Sistemin uygun işlemesi halinde endüstriyel işletmeye dönüştürülecektir. İşletmede filtrasyon, kurutma ve paketleme işlemi yapılacaktır. İşletme 1 üretim binası(1000 m²), 1 laboratuvar binası ve 1 ofisten oluşacaktır. Toplam işletme alanı 2000 m² kadar olacaktır. İşletme hammadde olarak kullanacağı peyniraltı suyunu tedarik edeceği firmanın yanına kurulmasını öngörmektedir. Peyniraltı suyunun boru taşıma sistemi ile tedarikçi firmadan direkt olarak işletmeye taşınması uygun bulunmaktadır. Peyniraltı suyunun el değiştirmeden taşınması üretimden daha fazla verim alınmasını sağlayacaktır. İşletmede kurulacak filtrasyon sistemi otomatik bir yapıya sahip olduğu için işçi gereksinimi pek bulunmamaktadır. İşletmede bu sistemi kontrol etmek için 3 çalışan bulunacaktır. Laboratuvarda kalite kontrol için 2 analist, ofiste 1 kişi bulunacaktır. İşletmenin ihtiyaç duyduğu çalışan sayısı 6 işçi civarında olacaktır. Ar-ge aşamasında yeterli olacak filtrasyon sisteminin fiyatı için 200 bin Euro olarak anlaşma yapılmıştır. Endüstriyel işletmeye geçildiğinde ise 700 bin Euro civarında bir sistem kurulumu gerekecektir. Mamul dağıtımı İstanbul üzerinden sağlanacaktır. İşletme ihracat da yapmaktadır. Taşıma olarak karayolu taşımacılığı tercih edilmektedir. Taşımada frigo filoları kullanılacaktır. Hedef daha çok Ortadoğu ülkelerine satış yapmaktır. Bu yüzden deniz yolu taşımacılığı pek tercih edilmemektedir. İşletmede üretilen protein tozunun depolanma süresi bulunmayacağı için depo maliyeti oluşmayacaktır. 1ton peyniraltı suyundan yaklaşık olarak 2 kg protein tozu eldesi sağlanmaktadır. İşletme günlük 480 ton peyniraltı suyundan 960 kg protein tozu üretimini hedeflemektedir. İşletmenin aylık üretim kapasitesi 28800 kg(28.8 ton) olmaktadır.

3. TOPSIS YÖNTEMİ

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesi olan Topsis yöntemi, nitel bir çevrim yapılmaksızın, direkt veri üzerinde uygulanabilmektedir (Eleren ve Karagül, 2008). Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution (TOPSIS) yöntemi Hwang ve Yoon referansı ile Chen ve Hwang tarafından sunulmuştur (Wei, 2010). Topsis yöntemi ideal çözüme en yakın uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en uzak bir çözüm belirler fakat yöntem bu uzaklıkların göreceli önemini dikkate almaz (Cristóbal, 2012). Uzlaşılan çözüm, ideal çözümden en kısa öklit mesafesinde ve negatif ideal çözümden en uzak öklit mesafesinde tercih edilen çözüm olarak kabul edilebilir (Huang ve Tzeng, 2011). Topsis yöntemi rasyonelliği ve kolay kavranabilirliği, hesaplamadaki basitliği ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılmasına imkân vermesi gibi avantajları nedeniyle

literatürde en çok kullanılan tekniklerden biridir (Çakır ve Perçin, 2013). Topsis yönteminin uygulama basamakları aşağıda anlatılmıştır.

C_a : Topsis yöntemi yakınlık katsayısı

S^* : Topsis yöntemi pozitif ideal ayırım ölçüsü

S^- : Topsis yöntemi negatif ideal ayırım ölçüsü

K_i : i. karar Verici

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Alternatifler ve değerlendirme faktörlerinden oluşan Karar Matrisi (A_{ij}), (1) numaralı matriste verilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Karar matrisinden (2) numaralı formül yardımıyla hesaplanan Standart Karar Matrisi (R_{ij}) (3) numaralı matriste gösterilmiştir.

r_{ij} : Standart karar değeri

i : 1,2,...,m; kriter sayısı

j : 1,2,...,n; alternatif sayısı

R_{ij} : Standart karar matrisi

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (2)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Değerlendirme kriterlerine ilişkin belirlenen ağırlık değerleri (w_i) ile standart karar matrisi çarpılarak bulunan matris, Ağırlıklı Standart Karar (V) Matrisidir. Standart Karar Matrisi (R_{ij}) üzerinden (4) numaralı formül yardımıyla bulunan ağırlıklı standart karar matrisi (V_{ij}) (5) numaralı matriste gösterilmiştir.

W_{ij} : 1,2,...,N ; ağırlık değerleri

V_{ij} : Ağırlıklı standart karar matrisi

$$V_{ij} = w_{ij} X \quad (4)$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} w_2 r_{12} \cdots w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} w_2 r_{22} \cdots w_n r_{2n} \\ \vdots \\ w_1 r_{m1} w_2 r_{m2} \cdots w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Adım 4: Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Kümelerinin Oluşturulması
 Pozitif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyüklüğü (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. Negatif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki (6) ve (7) numaralı formüllerde gösterilmiştir (Yaralıoğlu, 2010).

- J: Fayda (maksimizasyon) değeri
- J': Maliyet (minimizasyon) değeri
- v_{ij} : Ağırlıklı standart karar (V) matrisinden elde edilen değerler
- A : Pozitif ideal çözüm kümesi
- A' : Negatif ideal çözüm kümesi

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J') \right\} \quad (6)$$

$$A^- = \left\{ v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^- \right\} \quad (7)$$

(6) numaralı denklemden elde edilen değerler $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$, (7) numaralı denklemden elde edilen değerler $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir.

Adım 5: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

Pozitif ideal çözüm kümesinden sapma değerleri hesaplanırken ve negatif ideal çözüm kümesinden sapma değerleri hesaplanırken (8) ve (9) numaralı formüllerden yararlanır.

- S*:Pozitif ideal ayırım ölçüsü
- S': Negatif ideal ayırım ölçüsü

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=i}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (8)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (9)$$

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Negatif ideal ayırım ölçüsünün, toplam ayırım ölçüsü içindeki payı yakınlık katsayısı değerini verir. Yakınlık katsayısı değerinin hesaplanmasını gösteren (10) numaralı formül aşağıda gösterilmiştir. Alternatifler ideal çözüme göre yakınlık (C_i^*) değerine göre sıralanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (10)$$

4. VIKOR YÖNTEMİ

Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yöntemi çok kriterli kompleks sistemlerin optimizasyonu için geliştirilmiştir (Tzeng and Huang, 2011). Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından temelleri atılan uzlaşık çözüm (compromise solution), birbiriyle çelişen kriterlerin yer aldığı bir karar verme probleminde ortak bir uzlaşma ile anlaşmaya varmak anlamına gelmekte ve ideale en yakın uygun alternatif çözümü vermektedir (Çakır ve Perçin, 2013). Vikor yöntemi 1997 yılında Trajkovic, Amakumovic ve Opricovic tarafından ortaya koyuldu (Trajković, 1997). Bu yöntem bir dizi alternatifi sıralama ve seçmeye odaklanır ve çelişkili kriterli bir problem için karar vericinin nihai karara ulaşmasına yardımcı uzlaşmacı çözümler belirler (Demirel ve Yücenur, 2011). Uzlaşmacı sıralama Vikor yöntemi çoğunluk için maksimum 'grup faydası' ve aleyhinde minimum bireysel pişmanlık sağlayan, ideale yakın, uzlaşılan bir çözüm, belirler (Cristóbal, 2012). Alternatiflerin her bir kriterine göre değerlendirildiği varsayıldığında, uzlaşma sıralaması ideal çözüm yakınlık ölçüsü karşılaştırılarak gerçekleştirilir (Arslan ve Tayyar, 2013). Son on yılda, Vikor çok kriterli ve alternatifli gerçek hayat problemlerini ele almada daha popüler bir karar destek aracı haline gelmiştir (Lin, 2013). Vikor yönteminin uygulama aşamaları aşağıda gösterilmiştir.

Vikor yönteminde kullanılan kısaltmalar ve simgeler:

- C_1 : Vikor yönteminde kabul edilebilir avantaj
- C_2 : Vikor yönteminde kabul edilebilir istikrar
- S_j : Vikor yöntemi ortalama grup değeri
- Q_j : Vikor yöntemi grup faydası
- R_j : Vikor yöntemi en kötü grup değeri
- f_i^* : En iyi değer
- f_i^- : En kötü değer

Adım 1: En İyi (f_i^*) ve En Kötü (f_i^-) Değerlerinin Bulunması

Vikor yönteminin ilk basamağı olarak en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerleri belirlenir. Aşağıda gösterilen formüllerde; i karşılaştırma kriterlerini ($i=1,2,3,\dots,n$) ve j alternatifleri ($j=1,2,3,\dots,m$) göstermektedir. (11) ve (12) numaralı formüller yardımıyla her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler belirlenir.

- i : karşılaştırma kriterleri ($i=1,2,3,\dots,n$)
- j : alternatifler ($j=1,2,3,\dots,m$)
- f_{ij} : j alternatifinin i kriterindeki değeri

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (11)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (12)$$

Adım 2: S_j ve R_j Değerleri'nin Hesaplanması

Her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerleri hesaplandıktan sonra her bir alternatif için S_j ve R_j değerleri hesaplanır.(13) ve (14) numaralı formüllerle hesaplanan S_j değeri ortalama grup, R_j ise en kötü grup değerini gösterir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (13)$$

$$R_j = \max \left[\frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right] \quad (14)$$

Adım 3: Q_j Değerlerinin Hesaplanması

Her bir alternatif için (15) numaralı formül yardımıyla değerlendirme kriterlerine göre belirlenen Q_j değerleri, maksimum grup faydasını gösterir.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{R^- - R^*} \quad (15)$$

Yukarıdaki formülde gösterilen S^* ve R^* minimum S_j ve R_j değerlerini, S ve R maksimum S_j ve R_j değerlerini göstermektedir. Kullanılan formüldeki v değeri maksimum grup faydasını yaratacak strateji için ağırlık değerini, fakat $(1-v)$ değeri ise karşıt görüşteki karar vericilerin minimum pişmanlığını ifade etmektedir. Vikor yönteminde maksimum grup faydası için $v > 0,5$ çoğunluk tercihini, $v=0,5$ konsensüsü (uyuşma) ve $v < 0,5$ vetoyu temsil etmektedir ve bu v değeri grup kararı ile belirlenmektedir (Yarahoğlu, 2010).

Her bir alternatif için hesaplanan S_j , R_j ve Q_j değerleri küçükten büyüğe olacak şekilde sıralanır.

Adım 5: Kabul Edilebilir Avantaj (C_1) ve Kabul Edilebilir İstikrar (C_2) Kümelerinin Belirlenmesi

S_j , R_j ve Q_j değerlerinin sıralamasına göre karar vericiler için kabul edilebilir avantaj (C_1) ve kabul edilebilir istikrar (C_2) kümeleri belirlenir. Herhangi bir alternatifi C_1 (Kabul Edilebilir Avantaj) kümesinde yer alabilmesi için (16) numaralı formülde gösterilen koşulu sağlaması gerekir.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ$$

$$DQ = 1/m - 1 \quad (16)$$

m: Toplam alternatif sayısı

Gösterilen formüldeki DQ değeri, m alternatif sayısı olmak üzere $(1/(1-m))$ ile hesaplanır. Q_j sıralamasına göre A_2 alternatifi A_1 alternatifinden sonraki sırada yer alıyorsa ve (13) numaralı formülde gösterilen koşul sağlanıyorsa A_1 karar noktası C_1 grubunda yer alır. Bu hesaplama yöntemi tüm Q_j değerlerine uygulanıp alternatiflerin hangilerinin C_1 kümesinde olup olmadığı tespit edilir. Kabul edilebilir istikrar (C_2) kümesi ise S_j , R_j ve Q_j sıralamalarının tamamında aynı sırada yer alan alternatiflerden oluşur. C_1 ve C_2 kümelerinin her ikisinde yer alan alternatifler sıralama mantığına göre istikrarlı karar noktalarını gösterir.

5. YÖNTEMLERİN UYGULAMASI

5.1 Kriterlerin ve Alternatiflerin Belirlenmesi

Gıda firması tesis yeri seçiminde, bölge için Trakya Bölgesini uygun bulmaktadır ve onların öncelik verdiği kriterler de şu şekilde sıralanmıştır:

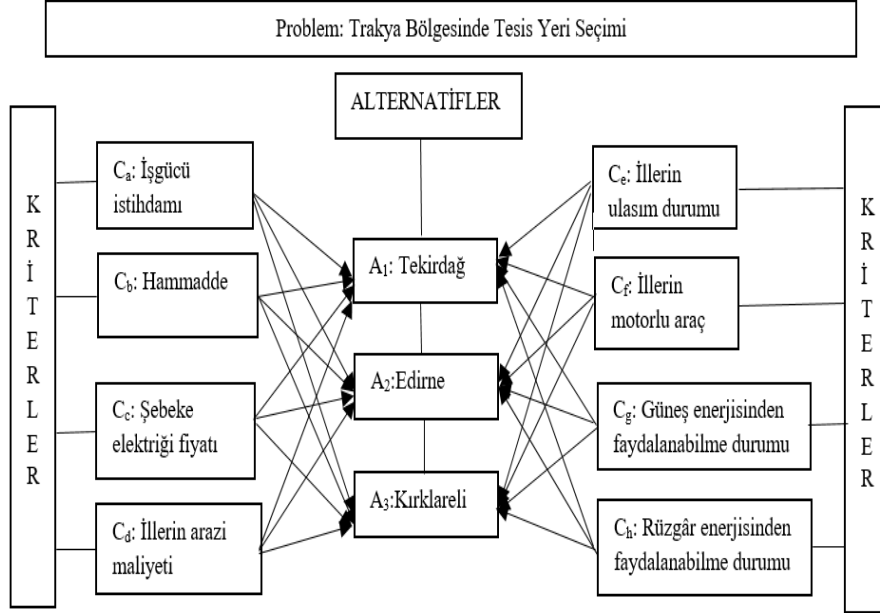
- C_a : İşgücü istihdam durumu
- C_b : Hammadde(peynir altı suyu) üretimi yapan firmaların kapasitesi il bazında
- C_c : Şebeke elektriği fiyatları
- C_d : İllerin arazi maliyetleri
- C_e : İllerin ulaşım durumu
- C_f : İllerin motorlu taşıt sayısı
- C_g : İllerin güneş enerjisinden faydalanabilme durumu
- C_h : İllerin rüzgar enerjisinden faydalanabilme durumu

Alternatifler ise Trakya Bölgesi illerinden oluşmaktadır.

- A_1 : Edirne
- A_2 : Kırklareli
- A_3 : Tekirdağ

Topsis yönteminde kullanılan kısaltmalar ve simgeler:

- A_i : i. alternatif
- C_j : j. kriter



Şekil 5.1. Uygulama Problemine İlişkin Karar Hiyerarşisi

5.1.1 Trakya Bölgesi İşgücü İstihdam Durumu

İllerin iş gücü istihdam durumu belirlenirken ilin nüfus yoğunluğu ve illerin işgücü istihdam durumu önemli bir etkidir. Bu yüzden tek tek tüm illerin nüfus bilgileri ve işgücü istihdam durumları verileri kullanılmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK) web sitesinden sağlanan veriler ile Beşiktaş TÜİK şubesinden alanında uzman kişilere danışarak aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır.

Tablo 5.1. Trakya Bölgesi İllerinin Nüfus Sayısı (<http://www.tuik.gov.tr/>)

Yıl	İl	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu	Toplam Nüfus
2014	Tekirdağ	466.956	439.776	906.732
2014	Edirne	203.001	197.279	400.280
2014	Kırkkale	135.797	135.295	271.092

Tablo 5.2. Trakya Bölgesi İllerinin İş Gücü İstihdam Nüfusu
(<http://www.tuik.gov.tr/>)

İl	İşgücüne katılma oranı(%)	İşsizlik oranı(%)	İstihdam oranı(%)	İşgücüne katılma nüfusu	İşsizlik nüfusu	İstihdam nüfusu
Tekirdağ	56,7	7,2	52,6	514117	65284	476941
Edirne	54,3	7,8	50,1	217352	31221	200540
Kırkkale	53,8	8	49,5	145847	21687	134190

5.1.2 Trakya Bölgesi Hammadde Durumu

Trakya bölgesi birçok çeşit peynir üretimiyle Türkiye'de güçlü bir yere sahiptir. Firma yeni kurulacak tesisin tedarikçi işletmeye yakın olmasını istemektedir. Bu yüzden tesis kurulacak ilde maksimum kapasitede üretim yapan bir firmaya ihtiyaç vardır. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği veri tabanından Trakya bölgesi illerindeki peynir üreten firmaların illere göre toplam üretim kapasiteleri aşağıdaki tablo verilmiştir.

Tablo 5.3. Trakya Bölgesi İllerinin Peynir Üretim Kapasitesi
(<https://www.tobb.org.tr/>)

İller	Peynir Üretici Firma Sayısı	Mühendis	Teknisyen	Usta	İşçi	İdari	Toplam
Tekirdağ	17	10	9	31	184	21	256
Edirne	26	29	18	40	386	38	511
Kırklareli	19	33	52	44	804	53	986

5.1.3 Trakya Bölgesi Şebeke Elektrik Fiyatları

İllerdeki elektrik fiyatları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu(EPDK) web sitesinden veriler sağlanmıştır ve alanında uzman kişilere danışarak aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır.

Tablo 5.4. Trakya Bölgesi İllerinin Elektrik Enerjisi Kullanım Fiyatları
(<http://www.epdk.org.tr>)

Energy Cost (Enerji Fiyatı) (kr/kWh)	Single-Timed (Perakende Tek Zamanlı)	Day(Perakende Gündüz)	Puant(Perakende Puant)	Night(Perakende Gece)
İller				
Tekirdağ	24,31	24,19	39,14	13,4
Edirne	18,29	18,16	33,11	7,38
Kırklareli	18,29	18,16	33,11	7,38

5.1.4 Trakya Bölgesi Arazi Maliyetleri

İllerin arazi maliyetlerini araştırırken, organize sanayi bölgeleri arazi fiyatlarını ve peynir üreticilerine yakın imarlı sanayi arazisi fiyatlarını göz önüne aldım.

Alanında uzman kişilere danışarak aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır. Tekirdağ ilinde peynir üreticilerine yakın bölgelerde ve organize sanayi bölgelerinde imarlı sanayi arazileri yüksek fiyata sahiptir diğer bölgelere göre. Edirne ise en uygun arazi fiyatına sahip ildir. Kırklareli orta seviyede uygunluk göstermektedir. Maliyet karşılaştırması aşağıdaki şekildedir:

Tablo 5.5. Trakya Bölgesi İllerinin Arazi Maliyetleri Değerlendirme Çizelgesi

İller	Sözel Derecelendirme	Sayısal Derecelendirme
Tekirdağ	Çok yüksek	9
Edirne	Orta	5
Kırklareli	Yüksek	7

5.1.5 Trakya Bölgesi Ulaşım Durumu

İllerin hava, kara ve deniz yolu ulaşımı ile illerin karayollarının lojistiğe uygunluğu gibi verileri internet yardımıyla tespit ederek alanında uzman kişiler ile aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır.

Tablo 5.6. Trakya Bölgesi İllerinin Ulaşım Açısından Değerlendirilmesi

İller	Sözel Derecelendirme	Sayısal Derecelendirme
Tekirdağ	Çok yüksek	9
Edirne	Orta	5
Kırklareli	Yüksek	7

5.1.6 Trakya Bölgesi Karayolu Taşımacılığı İçin Motorlu Taşıt Sayısı Durumu

Tesiste üretilen ürün karayolu taşımacılığı ile İstanbul'a aktarılıp oradan bölgelere dağıtım yapılacaktır. Bu yüzden illerin taşımada kullanılacak motorlu taşıt sayılarına bakıldı.

Tablo 5.7. Trakya Bölgesi İllerinin Karayolu Taşımacılığı İçin Motorlu Taşıt Sayısı (<http://www.tuik.gov.tr>)

İller	Toplam Araç Sayısı	Kamyon Sayısı	Özel Amaçlı Araç	Toplam Taşıt
Tekirdağ	135173	4038	255	4293
Edirne	217791	8748	465	9213
Kırklareli	108254	3782	228	4010

5.1.7 Trakya Bölgesi Güneş Enerjisinden Faydalanabilme Durumu

Enerji Atlası veri tabanından edinilen bilgiler doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır. (<http://www.enerjiatlası.com>) Trakya bölgesi Türkiye'de güneş enerjisi açısından pek faydalanılamamaktadır. Çünkü bölgenin güneşlenme süresi oldukça düşüktür. Güneş santrali kurulabilmesi için güneş radyasyonunun 1650KWH m² üstünde olması gerekmektedir.

Alanında uzman kişilere danışarak aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır. Güneşlenme süreleri ve global radyasyon değerlerine bakıldığında illerin güneş enerjisinden faydalanma sıralaması şu şekilde olur:

Tablo 5.8. Trakya Bölgesi Güneş Enerjisinden Faydalanabilme Durumu Değerlendirmesi

İller	Sözel Derecelendirme	Sayısal Derecelendirme
Tekirdağ	Orta	9
Edirne	Düşük	8
Kırklareli	Çok düşük	7

5.1.8 Trakya Bölgesi Ekonomik RES Yatırımı Değerlendirilmesi

İncelediğim ilgili gıda firması, kurulacak yeni işletmenin, üretim yapabilmek için minimum maliyetle gerekli enerjiyi sağlamak istemektedir. Bunun için güneş enerjisi veya rüzgar enerjisinden faydalanarak kendi enerjilerini üretebilecek en uygun sistemi de kurabileceklerini bildirmişlerdir. Enerji faktörü yeni işletmenin kurulumunda önemli bir kriter olmaktadır. Seçtiğim bölgelerde yaptığım araştırmalar sonucunda ulaştığım bilgileri literatür araştırması kısmında belirttim ve eklerle destekledim. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü(YEGM) veri tabanından ulaştığım bilgi aşağıdaki gibidir:

Tablo 5.9. Trakya Bölgesi Rüzgar Enerjisinden Faydalanabilme Durumu (<http://www.eie.gov.tr>)

İller	RES Yatırımı İçin Alan(km ²)	RES Yatırımı İçin Kurulu Güç (MW)
Tekirdağ	925,33	4.626,08
Edirne	694,02	3.470,08
Kırklareli	615,87	3.079,36

5.2 Topsis Uygulaması

Tesis yeri seçim tercihi için alternatiflerin karşılaştırıldığı Topsis yöntemi uygulama aşamaları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Kriterler ve alternatifler ilgili firmanın isteği doğrultusunda oluşturulmuştur. Kriterlerin ağırlık değerleri; ilgili firmadan bir uzman K1, Üniversiteden iki akademisyen K1, K2 karar verici grup tarafından yapılan değerlendirmenin aritmetik ortalamasına göre hesaplanmıştır. Alternatif olarak belirlenen iller, Trakya Bölgesinden tercih edilmiştir. Her kriter için 1/10 fayda skalasında karar vericiler puanlama yapmıştır. Yüzde olarak hesaplanmış değerler, kriterlerin ağırlıklarını oluşturmuştur.

Tablo 5.10. Karar Vericilerin Kriterleri Değerlendirmesi ve Kriter Ağırlıklarının Oluşturulması

Karar Verici	Değerlendirme Kriterleri							
	C _a	C _b	C _c	C _d	C _e	C _f	C _g	C _h
K ₁	6	10	6	9	8	7	3	3
K ₂	5	9	5	8	6	6	3	3
K ₃	5	10	4	8	7	5	4	4
Ortalama	5,33	9,66	5	8,33	7	6	3,33	3,33
Yüzde	0,11	0,20	0,10	0,17	0,15	0,12	0,07	0,07

Tablo 5.11. Uygulama Alternatifleri

İller	Alternatifler
Tekirdağ	A ₁
Edirne	A ₂
Kırklareli	A ₃

Tablo 5.12. Uygulama Kriterleri ve Ağırlık Değerleri

Değerlendirme Kriterleri	Değerlendirme Kriterleri Gösterimi	Ağırlık Değerleri
İşgücü İstihdamı	C _a	0,1
Hammadde	C _b	0,2
Şebeke Elektrik Fiyatları	C _c	0,1
Arazi Maliyeti	C _d	0,17
Ulaşım	C _e	0,15
Motorlu Taşıt Sayısı	C _f	0,12
Güneş Enerjisinden Faydalanabilme	C _g	0,07
RES Yatırım Değerlendirmesi	C _h	0,07

Topsis yönteminin adımları sonucu hesaplanan değerler sırayla tablolarda belirlenmiştir.

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

(1) numaralı matris yardımıyla Tablo 5.13.'te yer alan karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 5.13. Topsis Karar Matrisi

Alternatifler	Değerlendirme Kriterleri							
	C _a (Adet)	C _b (Kg)	C _c (kr/kWh)	C _d	C _e	C _f (Adet)	C _g	C _h (MW)
A1	476941	52278385	33	9	9	9213	8	4626,08
A2	200540	26013432	33,11	5	5	4293	7	3470,08
A3	134190	35933140	39,14	7	7	4010	9	3079,36

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

(2) numaralı formül ve (3) numaralı matris yardımıyla Tablo 5.14.'te yer alan standart karar matrisi hesaplanmıştır.

Tablo 5.14. Standart Karar Matrisi

	C _a	C _b	C _c	C _d	C _e	C _f	C _g	C _h
A1	0,892	0,762	0,542	0,722	0,722	0,843	0,574	0,706
A2	0,375	0,379	0,542	0,401	0,401	0,393	0,502	0,529
A3	0,251	0,524	0,641	0,562	0,562	0,3667	0,646	0,470

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi (R_{ij}) üzerinden (4) numaralı formül ile bulunan ağırlıklı standart karar matrisi (V_{ij}) (5) numaralı matris yardımıyla Tablo 5.15'de yer alan ağırlıklı standart karar matrisi hesaplanmıştır.

Tablo 5.15. Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

	C _a	C _b	C _c	C _d	C _e	C _f	C _g	C _h
A ₁	0,08	0,15	0,05	0,12	0,10	0,1	0,04	0,05
A ₂	0,03	0,07	0,05	0,07	0,06	0,05	0,03	0,04
A ₃	0,02	0,10	0,06	0,09	0,08	0,04	0,04	0,03

Adım 4: İdeal (A^{*}) ve Negatif İdeal (A⁻) Çözümlerin Oluşturulması

İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki (6) ve (7) numaralı formüller yardımıyla hesaplanarak Tablo 5.16'da gösterilmiştir.

Tablo 5.16. İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Kümesi

A [*]	0,09	0,15	0,05	0,07	0,1	0,1	0,04	0,05
A ⁻	0,02	0,08	0,06	0,12	0,06	0,05	0,03	0,03

Adım 5: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

(8), (9) ve (10) numaralı formüller yardımıyla ayrım ölçüleri ve yakınlık katsayısı hesaplanarak Tablo 5.17'de gösterilmiştir.

Tablo 5.17. Ayrım Ölçüleri

	S [*]	S ⁻	C(i)
A ₁	0,05	0,13	0,7
A ₂	0,12	0,06	0,32
A ₃	0,1	0,05	0,3

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması(C_i)

(10) numaralı formül yardımıyla hesaplanan yakınlık katsayıları Tablo 5.17’de gösterilmiştir. Yakınlık sayılarına ve maksimum fayda analizine göre yapılması gereken tercih sıralaması; Tekirdağ- Edirne- Kırklareli (A_1 - A_2 - A_3) şeklinde bulunmuştur. Formül yardımıyla hesaplanan yakınlık katsayıları, Tablo 5.17’de gösterilmiştir. Yakınlık katsayılarına ve maksimum fayda analizine göre yapılması gereken tercih sıralaması; Tekirdağ- Edirne- Kırklareli (A_1 - A_2 - A_3) şeklinde bulunmuştur.

5.3 Vikor Uygulaması

Topsis yöntemine ek olarak, tesis yeri seçim tercihi için alternatiflerin karşılaştırıldığı Vikor yöntemi adımları sonucu hesaplanan değerler sırası ile tablolarda belirlenmiştir.

Adım 1: En İyi (f_i^*) ve En Kötü (f_i^-) Değerlerinin Bulunması

(11) ve (12) numaralı formüller ve Tablo 5.13.’te yer alan karar matrisi yardımıyla hesaplanan en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.17. En İyi (f_i^*) ve En Kötü (f_i^-) Değerleri

Değerlendirme Kriterleri	f^*	f^-
C_a	476941	134190
C_b	52278385	26013432
C_c	39,14	33,11
C_d	9	5
C_e	9	5
C_f	9213	4010

Adım 2: S_j ve R_j Değerleri’nin Hesaplanması

Her bir karar noktası için (13) numaralı formül yardımıyla S_j ve (14) numaralı formül yardımıyla da R_j değerleri hesaplanmıştır ve Tablo 5.18’ de gösterilmiştir.

Adım 3: Q_j Değerleri'nin Hesaplanması

S_j ve R_j değerlerinin hesaplanmasından sonra (15) numaralı formül yardımıyla hesaplanan Q_j değerleri Tablo 5.18' de gösterilmiştir.

Q_j hesaplanırken; $v=0,5$ olarak alınmıştır.

Tablo 5.18. S_j, R_j, Q_j Değerleri Kriterler Arası Sıralaması

	S_i	R_i	Q_i
A_1	0,13	0,01	0
A_3	0,57	0,12	0,39
A_2	0,93	0,2	1

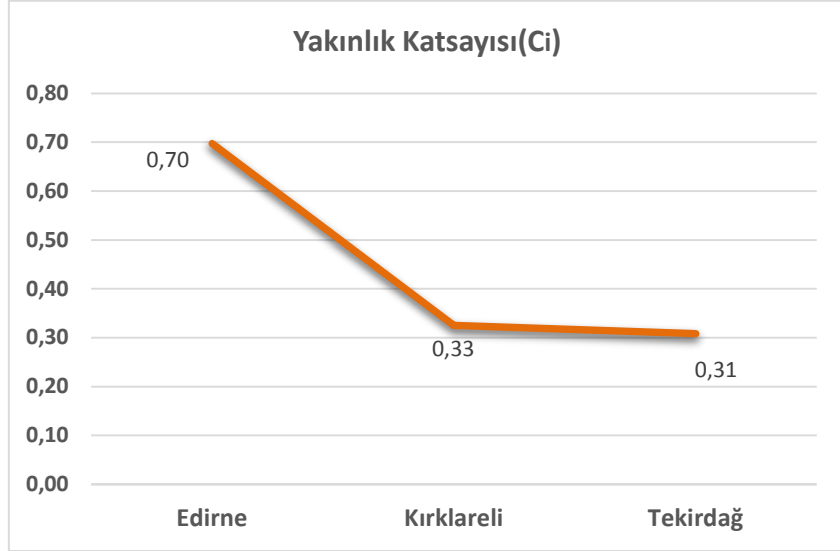
Kabul edilebilir istikrar grubu için DQ değeri (14) numaralı formül yardımıyla hesaplanmıştır. DQ değeri 3 alternatif için 0.5 olarak $(1/(3-1))$ hesaplanmış ve hesaplamalar sonucunda kabul edilebilir avantaj kümesi, $C_1=\{A_2\}$ şeklinde oluşturulmuştur. A_2 karar noktası Q_j sıralamasının son elemanı olduğundan dolayı C_1 grubunun bir elemanıdır. Kabul edilebilir istikrar (C_2) grubu her üç sıralamada da aynı sırada yer alan karar noktalarından oluşur. Diğer alternatifler Q_j sıralamasına göre diğer noktalar değerlendirildiğinde tercih sıralaması; Tekirdağ- Kırklareli-Edirne ($A_1-A_3-A_2$) şeklinde oluşturulur ancak A_2 noktası hariç diğer noktalar istikrarlı karar noktası olarak kabul edilmez.

5.4 Yöntem Uygulaması Sonuçları

Uygulamamızda ÇKKV tekniklerinden Topsis ve Vikor kullanılarak probleme çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Topsis uygulaması sonucunda alternatifler arası en uygun tercih sırası Tekirdağ- Edirne- Kırklareli ($A_1-A_2-A_3$) bulunmuştur. Vikor uygulaması sonucunda alternatifler arası en uygun tercih sırası Tekirdağ- Kırklareli-Edirne ($A_1-A_3-A_2$) bulunmuştur. Her iki yöntemle yapılan uygulama sonucunda ilk tercih aynı elde edilmiştir. En uygun tesis yerinin, Tekirdağ ili olduğu saptanmıştır.

X eksen: Alternatifler(1: Tekirdağ, 2:Edirne, 3: Kırklareli)

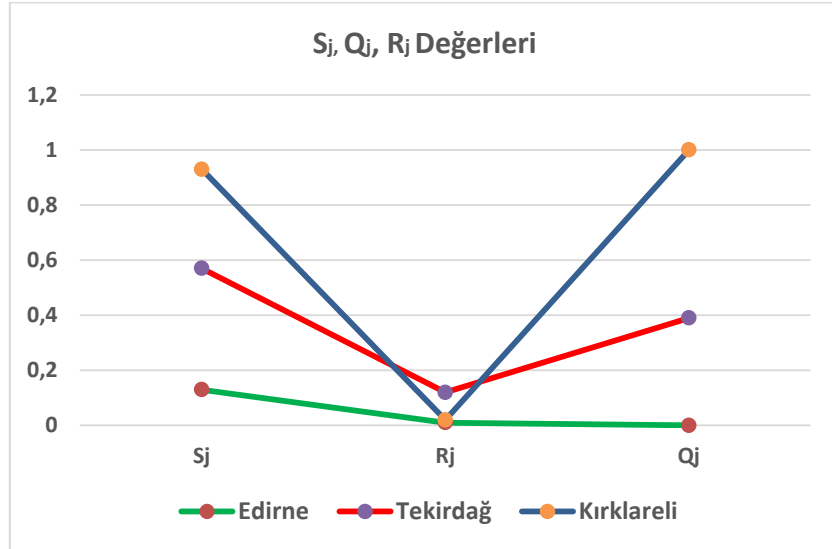
Y eksen: Yakınlık katsayısı değeri(C_i)



Şekil 5.2 Topsis Uygulaması İçin Yakınlık Katsayısı(Ci)

X eksen: Alternatifler(1: Tekirdağ, 2:Edirne, 3: Kırklareli)

Y eksen: Yakınlık katsayısı değeri(C_i)



Şekil 5.3 Vikor Uygulaması İçin Sj,Qj ve Rj Değerleri

6. SONUÇ

İşletmeler için oldukça önemli olan problemlerden biri; tesis yeri seçimi problemidir. Bu çalışmada, bir gıda firmasının Trakya Bölgesinde, peyniraltı suyundan protein tozu üretecek yeni gıda tesisi yeri seçimi problemine çözüm üretmeye çalışılmıştır. Yeni bir tesis kurulmasının gerçekleşmesi; işletmenin amaçladığı üretimi yapabilmesini sağlayacaktır ve bir sosyal sorumluluk içeren proje niteliği taşıyacaktır. Ülkemizde atık olarak görülen ve çevre kirliliğine sebep olan peyniraltı suyunu, toz haline dönüştürerek, protein tozu elde edilmesi ile geri dönüşüme katkıda bulunmuş olunacaktır ve çevre kirliliği bir miktar azaltılmış olacaktır. Alternatiflerin değerlendirilmesi ve en iyi olanın seçimi için; birden fazla kriter ve karar vericiye dayalı değerlendirmeleri gerektiren durumlar ile son yıllarda sıklıkla kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden; Vikor ve Topsis yöntemleri kullanılarak çözüm için farklı bir yaklaşım sergilenmeye çalışılmıştır. Alternatifler Trakya Bölgesinden; Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ olarak üç adet alternatif belirlenmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesi için; işgücü istihdam durumu, hammadde(peyniraltı suyu) üretimi yapan firmaların kapasitesi il bazında, su ve elektrik fiyatları, illerin arazi maliyetleri, illerin ulaşım durumu, illerin motorlu taşıt sayısı, illerin güneş enerjisinden faydalanabilme durumu, illerin rüzgar enerjisinden faydalanabilme durumu olmak üzere toplam sekiz adet kriter belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda söz konusu kriterler arasından; hammadde, arazi maliyetleri, ulaşım, motorlu taşıt sayısı karar vericiler tarafından tesis yeri seçiminde en önemli değerlendirme kriterleri olarak kabul gördüğü belirlenmiştir.

Uygulamalar sonucunda alternatifler arası tercih için en uygun yerin Tekirdağ ili olduğu kararına varılmıştır.

İşletmenin uzun dönemli bir yatırım fikrinin olması, ilerleyen zamanlarda kendi enerjisini üretmesi ile tasarruf sağlayacağı yapılan araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır. Üretimin enerji ihtiyacının karşılanması için Tekirdağ ilinde rüzgâr enerjisinden faydalanabilme imkânı, bölgenin hava koşullarınca uygundur. Bu çalışmam sonucunda gıda firması bu öneriyi uygun bulmuştur.

KAYNAKLAR

Cheng, E.W.L., Li, H., Yu, L., (2005), “The Analytic Network Process (ANP) Approach to Location Selection: A Shopping Mall Illustration”, *Construction Innovation*, 5, 83-97.

Cristóbal, J.R.S., (2012), “Contractor Selection Using Multicriteria Decision-Making Methods”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(6), 751-758.

Çakır, S., Perçin, S., (2013), “Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü”, *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 449-459.

Demirel, N.Ç., Yücenur, G.N., (2011), “The Cruise Port Place Selection Problem with Extended VIKOR and ANP Methodologies under Fuzzy Environment”, World Congress on Engineering, International Association of Engineers, 6–8 July 2011, London, 1128-1133.

Eleren, A., Karagül, M., (2008), “1986-2006 Türkiye Ekonomisinin Performans Değerlendirmesi”, Celal Bayar Üniversitesi İİBF Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 15(1), 1-14.

Huang, J.J., Tzeng, G.H., (2011), “Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications”, United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group, LLC, 69-71.

Lin, Q., Li, D.D., Yang, Y.B., (2013), “VIKOR Method with Enhanced Accuracy for Multiple Criteria Decision Making in Healthcare Management”, Journal of Medical Systems, 37, 9908-9908.

Trajković, S., Avakumović, D. Opricović, S., (1997), “Multicriteria Optimization of An Irrigation System”, University Of Niš The Scientific Journal Facta Universitatis, Series: Architecture And Civil Engineering, 1(4), 547–552.

Wei, J., (2010), “TOPSIS Method for Multiple Attribute Decision Making with Incomplete Weight Information in Linguistic Setting”, Journal of Convergence Information Technology, 5(10), 181-187.

Yaraloğlu, K., (2010), “Karar Verme Yöntemleri”, Ankara, Detay Yay., 24-39.

<http://www.eie.gov.tr/> [24.02.2015, web].

<http://www.epdk.org.tr/> / [27.03.2015, web].

<http://www.enerjiatlasi.com/sehir> [11.03.2015, web].

<https://www.tobb.org.tr/> [10.03.2015, web].

<http://www.tuik.gov.tr/> [20.05.2015, web].

Araştırma Makalesi

**TÜRKİYE'DEKİ DOĞAL GAZ TÜKETİMİ VE GRİ TAHMİN
METODUYLA TAHMİN EDİLMESİ***

Tuğba EREN¹ **Sibkat KAÇTIOĞLU²**

¹ Türk Havayolları, Yeşilköy, İstanbul, Turkey
tnayman@thy.com

² İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Küçükyalı, İstanbul, Turkey
skactioglu@ticaret.edu.tr orcid.org/0000-0002-8529-3775

Öz

Bu çalışmada, TÜİK'den elde edilen Türkiye'nin yıllık doğal gaz tüketim verileri ve nüfus verileri analiz edilerek, Gri model (1,1) modeli ile 2017 – 2030 dönemi için nüfus ve doğal gaz tüketim tahminleri elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre 2020'de 84,28 milyon ve 2030'da 96,51 milyonluk bir nüfus tahmin edilmiştir. Doğal gaz tüketiminin bu artış eğrisi ile devam etmesi sonucunda 2020'de toplamda 63.613,39 milyon m³ tüketim miktarına, 2030 yılında da ise toplam 104.007,61 milyon m³ tüketim miktarına ulaşılması beklenmektedir. Bunun dışında, 2005 yılında kişi başına 442,36 m³ olan doğal gaz tüketiminin, 2030 yılında kişi başına 1.077,70 m³ olması beklenmektedir. Bir diğer ifade ile 2.5 kat artış beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Gri tahmin yöntemi, Türkiye doğal gaz tüketimi, Türkiye enerji piyasası.

Research Article

**NATURAL GAS CONSUMPTION IN TURKEY AND ESTIMATED BY GRAY
ESTIMATION METHOD**

Abstract

In this study, Turkey's annual natural gas consumption and population data which are taken from TURKSTAT are analyzed and Gray Model (1.1) model is used to forecast annual natural gas consumption and population for 2017 to 2030. According to the result of the study, population is forecasted to be 84.28 million in 2020 and 96.51 million in 2030. Since the natural gas consumption has been increasing continuously, natural gas consumption is forecasted to reach 63.613,39 million m³ in 2020 and 104.007,61 million m³ in 2030. Apart from that, the ratio of natural gas consumption to the population is forecasted to increase from 442.36 m³ in 2005 to 1077.70 m³ in 2030, which means an increase of 2.5 times.

Key words: Energy market of Turkey, grey forecasting model, natural gas consumption of Turkey.

* Received / Geliş tarihi: 22/06/2016

¹Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

Accepted / Kabul tarihi: 15/10/2017

tnayman@thy.com

1.GİRİŞ

Doğal gaz, yaygın kullanılan bir enerji türü olarak, tüketiminin ve talebinin, yıllar geçtikçe arttığı gözlenen bir enerji türüdür. Türkiye bir doğal gaz ülkesi olmamasıyla birlikte milli doğal gaz rezervi 2013'te 6,16 milyar m^3 olarak kaydedilmiştir. Doğal gaz kullanım oranları ise, 2004 senesinden 2016 senesine değin iki kat artmış ve doğal gaz ihtiyacı bu yönde yükselişe geçmiştir.

Doğal gaz tüketimi, toplumdaki bireylerin yaşam koşullarını ve harcama düzeylerini yansıtmak adına önemli bir gösterge olmakla birlikte birçok belirsiz faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler ile doğal gaz tüketimi arasında doğrusal olmayan ve karmaşık bir ilişki bulunmaktadır.

Gri tahmin, yapısı karmaşık ve belirsiz olan sistemler için ortaya atılan alternatif bir tahmin metodudur. Gri tahmin metodunun, diğer tahmin metotları ile kıyaslandığında avantajlı olarak gösterilebileceği, model kurmak için az sayıda veriye gereksinim duyması, yüksek tahmin tutarlılığı gibi pek çok niteliği bulunmaktadır.

2.MATERYAL ve YÖNTEM

2.1.Türkiye'de Doğal Gaz Tüketimi

2013'te Türkiye'de günlük ortalama 48.000 varil ham petrol üretimi gerçekleştirilmiş olup; buna karşın günlük 500.000 varil ham petrol tüketimi olmuştur. Bu bağlamda 2013'te yurtiçi ham petrol üretiminin talebe oranı %9,6 civarında seyretmiştir. Bununla birlikte doğal gazda üretiminin talebe oranı petrolden daha düşüktür. Türkiye'nin 2013'teki yerli doğal gaz arzının talebe oranı yaklaşık %1,5'tur. Bir başka deyişle petrolde dış alıma bağımlılık oranı %90,4 iken doğal gazda %98,5'dir (TPAO, 2013). 2013 yılının doğal gaz tüketiminin sektörel kullanım alanları incelendiğinde, % 20'sinin haneler tarafından, % 48'inin elektrik enerjisi için ve % 32'sinin ise sanayi için kullanıldığı tespit edilmiştir (EPDK, 2014).

Tablo 1'de 2004-2016 yılları arasında doğal gaz tüketim miktarlarındaki değişim görülmektedir. 2009 ve 2015 seneleri dışında tüketimin giderek arttığı görülmektedir. Artış oranının en yüksek olduğu değerin 2005 yılında olduğu görülmekte iken en dramatik düşüş ise 2009 yılında gözlemlenmektedir. Bunun dışında doğal gaz kullanımı sadece 2015 yılında düşüşe geçmiştir. Doğal gaz tüketimi 2004 senesinden 2016 senesine değin iki kat yükselerek 46 milyar m^3 seviyesine gelmiş ve doğal gaz ihtiyacı bu yönde yükselişe geçmiştir.

Tablo 1. Doğal Gaz Tüketimi (TÜİK, resmiistatistik)

Yıl	Tüketim (m ³)	Değişim
2004	22.272.528.240	
2005	27.348.213.942	22,8 %
2006	30.982.063.980	13,3 %
2007	35.394.878.230	14,2 %
2008	36.865.051.313	4,2 %
2009	35.218.839.390	-4,5 %
2010	37.411.118.370	6,2 %
2011	43.697.409.192	16,8 %
2012	45.241.762.899	3,5 %
2013	45.918.246.078	1,5 %
2014	48.717.179.257	6,1 %
2015	47.999.276.834	-1,5 %
2016 *	46.076.410.890	-4,0 %

2.2.Gri Sistemlerde Modelleme ve Gri Tahmin Yöntemi

Gri tahmin, yapısı kaotik, kompleks ve belirsiz olan sistemler için ortaya çıkarılmış bir tahmin metodudur. Gri tahmin metodunun, diğer tahmin metotları ile kıyaslandığında avantajlı olarak gösterilebileceği, model kurmak için az sayıda veriye gereksinim duyması, yüksek tahmin tutarlılığı gibi avantajı bulunmaktadır. Literatürde gri tahmin ile gerçekleştirilmiş çok sayıda araştırmanın bulunması, gri tahminin pratik ve gerçekçi bir araç olduğunu ortaya çıkarmaktadır (Akay ve Atak, 2007).

Gri teorisi, ilk olarak 1982 yılında Ju-Lung tarafından, bilinmeyen değişkenlere ve eksik bilgiye sahip sistemlerin çözümlenmesi için ortaya konulmuştur (Deng, 1982). Deng (1982) tarafından oluşturulan gri sistem modellemesinde temel fikir, belirsiz sistemlerin nasıl hareket ettiğine dair, sınırlı veri kullanımıyla tahmin oluşturmaktır. Bu sistemde, beyaz ve siyah terimleri kullanılarak, belirsizliğin olmadığı veri beyazla ve zıt özellikleri bulunan veri siyahla anlatılmaktadır. Bu ikisinin arası ise, sadece kısıtlı veriye sahip olunan bilgilerse, gri sistem olarak adlandırılmaktadır (Kaya ve Taşçı, 2015).

2.3.Gri Tahmin Modeli

Yapılan incelemelerde Gri Model (1,1) modeli en geniş kullanıma sahip modeldir. Bu süreç birinci dereceden bir değişkenli gri model olarak isimlendirilir. Pozitif veri serilerine uygulanan bu model esasında bir zaman serisi analiz metodudur (Deng, 1989).

Tahmin değerlerini meydana çıkarmak için ilk operatör olan birikim oluşturma işlemi gerçekleştirilir ve veriler kümülatif şekle dönüştürülür ve ardından gri diferansiyel denklem çözülür. Bitiminde tahmin değerlerine ulaşılır. Ulaşılan bu tahmin değerleri kümülatif olduğu için tersine birikim oluşturma işlemi kullanılarak veriler normal değerlerine dönüştürülerek asıl tahmin neticelerine varılır (Liu vd. 2015).

$x^{(0)}$ serisinin tek çıktısı olan bir zaman serisi olduğunu farz edelim.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_n) n \geq 4 \quad (2.1)$$

Burada $x^{(0)}$ pozitif serisinin örnek büyüklüğü n'dir. Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan X(1) serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, x^{(1)}_3, \dots, x^{(1)}_n) n \geq 4 \quad (2.2)$$

$X^{(1)}$ aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$X^1(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.3)$$

Burada $Z^{(1)}$ art arda gelen verilerin ortalamasıdır.

$$Z^{(1)}(k) = (0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1)) k = 2, 3, \dots, n \quad (2.4)$$

Gri diferansiyel denklem için en küçük kare tahmin dizisi, Gri Model (1,1) için aşağıda tanımlandığı gibidir;

$$X^0(k) + az^1 = b \quad (2.5)$$

Oluşturulan modelin beyazlaştırma denklemi şu şekildedir,

$$\frac{dx^1(t)}{dt} + ax^1 = b \quad (2.6)$$

$[a, b]^T$ seri parametreleri aşağıdaki şekilde bulunur,

$$[a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (2.7)$$

Burada Y ve B matrisleri,

$$Y = [X^0(2), X^0(3), \dots, X^0(n)]^T \quad (2.8)$$

$$B = \begin{pmatrix} -z^1(2)1 \\ -z^1(3)1 \\ -z^1(4)1 \\ -z^1(5)1 \\ \vdots \\ -z^1(n)1 \end{pmatrix} \quad (2.9)$$

Tahmin edilen a ve b katsayılarına göre, diferansiyel denklemin çözülmesi ile gri tahmin denklemine ulaşılmaktadır.

$$x^{(1)}(k+1) = \left[x^{(1)}(0) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (2.10)$$

(2.10)' da elde edilen denklem k+1 zaman için tahmin edilen x' in kümülatif gösterim şeklidir.

Gri Model (1,1) modelinde (a) parametresi geliştirme katsayısı, b parametresi ise gri etki miktarı olarak adlandırılır. a katsayısı $Xp^{(1)}$ ve $Xp^{(0)}$ 'ın gelişim durumlarını; b katsayısı ise arka plandaki değerlerden türetildiği için veride toplanan değişiklikleri yansıtmaktadır (Özkara, 2009).

2.4.Gri Modelin Hata Tahmini

Çeşitli tahmin modelleri içinden birini seçme prosesinde yaygın olarak kabul edilen ölçütlerden biri, modelin tahmin başarısının olumlu yönde olmasıdır. Mesela, iki modelin yararı ve geçerliliği eşit durumdaysa, iki modelin öngörü başarıları kıyaslanmakta ve daha iyi tahmin doğruluğu yaratan model seçilmektedir. Bu hedefle, meydana çıkarılan modellerin tahmin doğruluklarının kıyaslanması için farklı istatistiksel metotlara başvurulmaktadır (Akgül, 2003:280).

Tahmin doğruluk testi için, öngörü dönemine ait gözlem değerleri yok sayılarak gözlem dışı görülür ve önerilen modele dayandırılarak geçerli dönemlere ait değerler öngörülür. Modellerin tahmin doğruluğunun değerlendirilmesinde kullanılan istatistikler; Hata Kareler Ortalaması (MSE), Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE), Ortalama Yüzde Hata (MPE), Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ve Theil-U istatistiği olarak listelenebilir (Makridakis, 1993).

Bu istatistiklerden yaygın olarak başvuru alanlarının formülü aşağıda yazılmıştır:

$$MAPE = \frac{\sum |y_t - \hat{y}_t| / y_t}{n} * 100$$

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n}$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n}$$

Burada;

n: tahminde bulunulan dönem sayısını

y_t : t döneminde gerçekleşen değeri

\hat{y}_t : t dönemi için hesaplanan tahmini değeri belirtmektedir.

Sayılan kriterler içinde Ortalama Mutlak Yüzde Hata'nın (MAPE) tahmin hatalarını yüzde olarak göstermesi ile tek başına bir anlamının olması, diğer kriterlere göre üstünlüğü olarak değerlendirilmektedir (Akgül, 2003:280). Bunun yanı sıra gerçekleştirilen gri tahmin araştırmalarının genelinde hata ölçümlerinde MAPE metodunun kullanılmasından ötürü, araştırmada da test için seçilmiştir.

Gerçekleştirilen tahminler neticesinde ulaşılan hata miktarlarının geçerliliğinin test edilmesi için MAPE değerleri %10'nun altında olan tahmin modellerini 'yüksek doğruluk' düzeyine sahip modeller olarak kategorilendirilmiştir (Witt ve Witt, 1992).

3.UYGULAMA

Bu bölümde Türkiye yıllık doğal gaz tüketim verileri ve yıllık nüfus verileri analiz edilmiş ve geleceğe yönelik tahmin değerleri hesaplanmıştır. Bu tahmin değerleri

için kullanılan veriler TÜİK'den alınmıştır ve Gri Model (1,1) modeli ile tahmin çalışması yapılarak hesaplanmıştır.

Kuşakçı ve Ayvaz (2015) çalışmalarında, gri tahmin yönteminin etkinliğini Türkiye'nin elektrik enerjisi talebi üzerinde test etmişlerdir. GM modelinin uzun dönemli tahmin gücünün yüksek olduğuna dair bulgular bulmuşlardır.

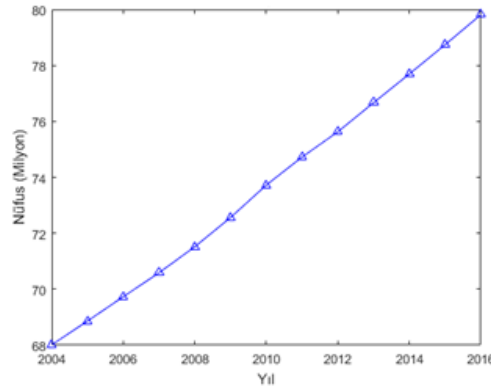
3.1. Gri Model (1,1) Yöntemi ile Doğal Gaz Tüketim ve Nüfus Tahminleri

Gri Model (1,1) modeli için ara işlem sonuçları ve tahmin değerlerini gösteren bir program MATLAB üzerinde çalıştırılmıştır. Bu model için değişkenlerimiz 2004-2016 yılları arasındaki Türkiye'deki nüfus miktarı ve doğal gaz tüketim miktarıdır. Gri Model (1,1) modelini kullanarak, 2004-2016 yıllarındaki Türkiye'deki nüfus miktarı ve doğal gaz tüketim verileri hesaplandı. TÜİK' den alınan değerler ile gerçekleşen değerlerin karşılaştırması yapılarak hata oranları hesaplandı. Hata oranımızın düşük çıkmasıyla modelimizin doğru kurgulandığı anlaşılmıştır.

3.1.1. Salt Veri Setleri

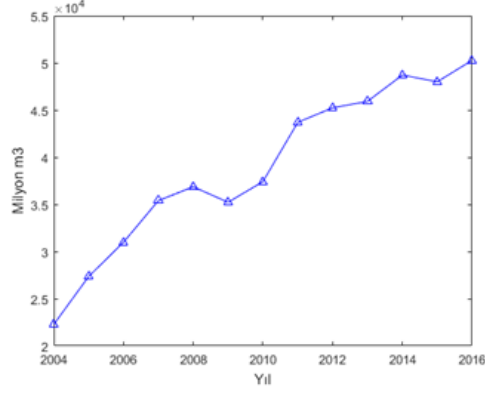
Doğal gaz tüketim ve nüfus değerlerine TÜİK sitesinden ulaşarak sırasıyla milyon m³ ve milyon kişi cinsinden 2004-2016 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır.

Şekil 1'de Türkiye nüfusunun 2004 den 2016 yılına kadar arttığı gözlenmektedir.



Şekil 1. Nüfusun Yıllara Göre Değişimi

Şekil 2'de Türkiye'deki 2004 – 2016 yılları arasındaki doğal tüketim miktarı verilmiştir. Doğal gaz tüketim miktarı 2008 yılından 2009 yılına geçişte azalma yaşamış onun dışında 2004-2016 yılları arasında artış göstermektedir.



Şekil 2. Doğal Gaz Tüketim Değerlerinin Yıllara Göre Değişimi

Yıllara göre değişen Nüfus miktarını doğal gaz tüketimi ile ilişkisini tablo 2’ de görülmektedir. Türkiye doğal gaz tüketimi 2004 yılında yaklaşık olarak 22 milyon m³ iken 2016 yılında yaklaşık olarak 50 milyon m³ olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Türkiye yıllık nüfusu ve doğal gaz tüketimi (m³), 2014-2016

Yıl	Nüfus	Doğal Gaz Tüketimi (m ³)
2004	68.010.215	22.272.528.240
2005	68.860.539	27.348.213.942
2006	69.729.967	30.982.063.980
2007	70.586.256	35.394.878.230
2008	71.517.100	36.865.051.313
2009	72.561.312	35.218.839.390
2010	73.722.988	37.411.118.370
2011	74.724.269	43.697.409.192
2012	75.627.384	45.241.762.899
2013	76.667.864	45.918.246.078
2014	77.695.904	48.717.179.257
2015	78.741.053	47.999.276.834
2016	79.814.871	50.265.175.516

3.1.2. Gri Model (1,1) ile Nüfus Tahmini

Gri Model (1,1) modeline göre 2004-2016 yılları arasındaki nüfus verilerin tamamı ele alınmıştır. $x^{(0)}$ serisinin tek çıktısı olan bir zaman serisidir.

$$x^{(0)} = (x^{(0)}_1, x^{(0)}_2, x^{(0)}_3, \dots, x^{(0)}_n) \quad n = 13 \quad (3.1)$$

$x^{(0)}$ aşağıdaki Tablo 2’deki nüfus değerleri kullanılarak tanımlanır.

Burada 2004-2016 yılları arasındaki nüfus değerleri kullanılarak $x^{(0)}$ pozitif serisi incelenmektedir. Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $x^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) n = 13 \quad (3.2)$$

$x^{(1)}$ değerleri;

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k X^0(i) \quad k = 1, 2, 3, \dots, 13 \quad (3.3)$$

Denklemler yardımı ile Tablo 3'deki değerler elde edilir. Bu işlem birikim oluşturma işlemidir.

Tablo 3. Nüfus Birikim Oluşturma İşlemi (BOİ) Değerleri

Yıl	Nüfus (milyon)
2004	68,01
2005	136,87
2006	206,60
2007	277,19
2008	348,70
2009	421,27
2010	494,99
2011	569,71
2012	645,34
2013	722,01
2014	799,70
2015	878,44
2016	958,26

$x^{(1)}$ dizisinden üretilen $z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) \quad (3.4)$$

Burada $Z^{(1)}$ dizisi art arda gelen $x^{(1)}$ birikim değerlerinin ortalaması ile oluşturulmuş bir dizi halini alır.

$$z^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) \quad k = 2, 3, \dots, 13 \quad (3.5)$$

Verilen denkleme göre $z^{(1)}$ dizisi Tablo 4' deki gibi oluşmaktadır.

Tablo 4. Nüfus $z^{(1)}$ Dizisi

$z^{(1)}(1)$	102,44
$z^{(1)}(2)$	171,74
$z^{(1)}(3)$	241,89
$z^{(1)}(4)$	312,95
$z^{(1)}(5)$	384,98
$z^{(1)}(6)$	458,13
$z^{(1)}(7)$	532,35
$z^{(1)}(8)$	607,53
$z^{(1)}(9)$	683,67
$z^{(1)}(10)$	760,86
$z^{(1)}(11)$	839,07
$z^{(1)}(12)$	918,35

Gri diferansiyel denklem için en küçük kare tahmin dizisi, Gri Model (1,1) için aşağıda tanımlandığı gibi olmaktadır;

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)} = b \quad (3.6)$$

Daha sonra a ve b katsayılarını hesaplamada kullanılarak B ve Y matrisleri oluşturulur. Burada Y matrisi aşağıda verilen denkleme göre oluşturulur.

$$Y = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots x^{(0)}(13)]^T \quad (3.7)$$

Denkleme göre oluşan Y matrisi Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Nüfus Y Matrisi

2005	68,86
2006	69,73
2007	70,59
2008	71,52
2009	72,56
2010	73,72
2011	74,72
2012	75,63
2013	76,67
2014	77,70
2015	78,74
2016	79,81

B matrisi ise,

$$B = \begin{pmatrix} -z1(1)1 \\ -z1(2)1 \\ \dots \\ -z1(12)1 \end{pmatrix} \quad (3.8)$$

Böylelikle elde edilen B matrisi;

$$B = \begin{pmatrix} -102,44_1 \\ -171,74_1 \\ \dots \\ -918,35_1 \end{pmatrix} \quad (3.9)$$

B ve Y matrisi kullanarak elde edilen a ve b katsayıları,

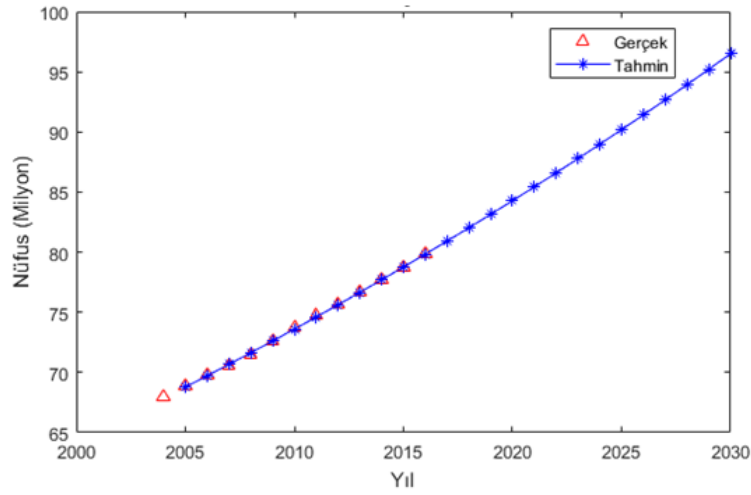
$$a.b^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (3.10)$$

Formülüne göre; a = -0,0135 ve b = 67,3986 değerleri elde edilir.

Tahmin değerleri oluşturulan veri seti Ortalama Mutlak Yüzde Hata yöntemi(MAPE) ile hatası hesaplanır. Nüfus için oluşturulan modelin hatası, Tablo 6'da gerçekleşen değer ve tahmin değerleri ile birlikte verilmiştir.

Tablo 6. Nüfus Değerleri ve Değer ve Tahmin Değerleri

Yıl	Nüfus (milyon)	Nüfus Tahmin Değerleri (milyon)	Hata (%)
2004	68,0102	-	-
2005	68,7847	68,8605	0,1101
2006	69,7228	69,7300	0,0103
2007	70,6737	70,5863	0,1239
2008	71,6376	71,5171	0,1685
2009	72,6146	72,5613	0,0735
2010	73,6050	73,7230	0,1601
2011	74,6088	74,7243	0,1545
2012	75,6264	75,6274	0,0013
2013	76,6578	76,6679	0,0131
2014	77,7033	77,6959	0,0095
2015	78,7630	78,7411	0,0279
2016	79,8372	79,8149	0,0280
MAPE			0,0734

**Şekil 3.** Nüfus Değerlerine Ait Gerçekleşen ve Gri Model (1,1) Modeli İle Tahmin Edilen Değerler

Gri Model (1,1) modeliyle nüfus tahmini hesaplanmıştır. Şekil 3’den görüldüğü gibi 2004 yılından 2016 yılına kadar hesaplanan değerlerde hata oranı %0,074

hesaplanmış böylelikle oluşturduğumuz model ile çok düşük hata oranı ile 2030 yılına kadarki nüfus hesaplaması yapılmıştır.

3.1.3. Gri Model (1,1) ile Doğal Gaz Tüketimi Tahmini

Aşağıda sunulan doğal gaz tüketim değerlerinin tahmini ile ilgili işlemlerde kullanılan formüller, nüfus tahmini işlemlerinde kullanılan formüller ile aynı olup, ilgili tahmin hata değerleri hesaplandıktan sonra tablo ve grafik halinde gösterilmiştir.

2004-2016 yıllarında doğal gaz tüketimi tahmini yaparken kullanacağımız $x^{(0)}$ değişkeni Tablo 2'deki doğal gaz tüketim değerleri gibi tanımlanır.

Bu seriye birikim oluşturma operatörü kullanılarak monoton şekilde artan $x^{(1)}$ serisi oluşturulur.

$$x^{(1)} = (x^{(1)}_1, x^{(1)}_2, \dots, x^{(1)}_n) n = 13 \quad (3.11)$$

Tablo 9. Doğal Gaz Tüketimi BOİ Değerleri

Yıl	Doğal Gaz Tüketimi (milyon m ³)
2004	22.273
2005	49.621
2006	80.603
2007	115.998
2008	152.863
2009	188.082
2010	225.493
2011	269.190
2012	314.432
2013	360.350
2014	409.067
2015	457.066
2016	507.331

$x^{(1)}$ dizisinden üretilen $z^{(1)}$ dizisi şu şekilde tanımlanır:

$$z^{(1)} = (z^{(1)}_1, z^{(1)}_2, \dots, z^{(1)}_n) n=13 \quad (3.12)$$

$x^{(1)}$ dizisinden art arda gelen verilerin ortalaması alınarak, $z^{(1)}$ dizisi Tablo 10'daki gibi oluşturmaktadır.

Tablo 10. Doğal Gaz $z^{(1)}$ Dizisi

$z^{(1)}(1)$	102,44
$z^{(1)}(2)$	171,74
$z^{(1)}(3)$	241,89
$z^{(1)}(4)$	312,95
$z^{(1)}(5)$	384,98
$z^{(1)}(6)$	458,13
$z^{(1)}(7)$	532,35
$z^{(1)}(8)$	607,53
$z^{(1)}(9)$	683,67
$z^{(1)}(0)$	760,86
$z^{(1)}(11)$	839,07
$z^{(1)}(12)$	918,35

Denkleme göre oluşan Y matrisi Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Doğal Gaz Y Matrisi

2005	27.348
2006	30.982
2007	35.395
2008	36.865
2009	35.219
2010	37.411
2011	43.697
2012	45.242
2013	45.918
2014	48.717
2015	47.999
2016	50.265

B matrisi ise,

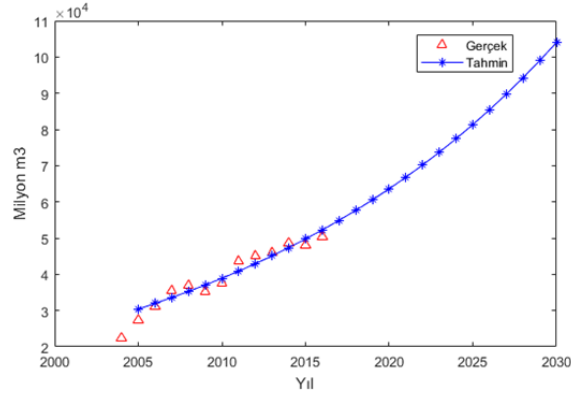
$$B = \begin{pmatrix} -35.947_1 \\ -65.112_1 \\ \dots \\ -482.199_1 \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

B ve Y matrisi kullanarak elde edilen a ve b katsayıları, a = -0,049164 ve b= 8.591,1363 değerleri elde edilir.

Doğal gaz tüketimine ait gerçekleşen ve tahmin edilen değer tablosu Tablo 12 'deki hata oranları ile birlikte verilmiş, Şekil 8'de ise doğal gaz tüketimine ait veriler grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 12. Doğal Gaz Tüketimi Gerçekleşen Ve Tahmin Değerleri Ve MAPE Oranları 2004-2016

Yıl	Doğal gaz (milyon m ³)	Doğal gaz tahmini (milyon m ³)	Hata (%)
2004	22.272,53	-	-
2005	27.348,21	30.428,02	11,26
2006	30.982,06	31.961,37	3,16
2007	35.394,88	33.571,98	5,15
2008	36.865,05	35.263,76	4,34
2009	35.218,84	37.040,80	5,17
2010	37.411,12	38.907,38	4,00
2011	43.697,41	40.868,02	6,47
2012	45.241,76	42.927,47	5,12
2013	45.918,25	45.090,70	1,80
2014	48.717,18	47.362,93	2,78
2015	47.999,28	49.749,68	3,65
2016	50.265,18	52.256,69	3,96
MAPE			4,7392



Şekil 3. Nüfus Değerlerine Ait Gerçekleşen ve Gri Model (1,1) Modeli İle Tahmin Edilen Değerler

GM(1,1) modeli kullanılarak 2004-2030 yıllarındaki doğal gaz tahmini hesaplanmıştır. Şekil 4'de görüldüğü gibi 2004 yılından 2016 yılına kadar hesaplanan değerlerde hata oranı %4,74 hesaplanmış böylelikle oluşturduğumuz model %10'nun altında hata oranı ile 'yüksek doğruluk' düzeyine sahip tahmin modeli olarak kategorilendirilir.

3.2 Araştırma Bulguları ve Tartışma

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde Gri Model (1,1) yöntemi ile hata değeri düşük tahminler yapıldığı görülmektedir. 2004-2016 yıllarına ait yıllık verilerin kullanıldığı bu çalışmada nüfus MAPE'si 0,074 ile yüzde birin altındaki hata payıyla çok gerçekçi bir tahmin yapılmıştır. Bu çalışma ile 2030 yılına kadar tahmin yapılmıştır ve sonuçlar tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13. 2030 Yılına Kadar Olan Nüfus Tahminleri

Yıl	Nüfus Tahmin Değerleri (milyon)	Yıl	Nüfus Tahmin Değerleri (milyon)
2004	-	2018	82,03
2005	68,78	2019	83,15
2006	69,72	2020	84,28
2007	70,67	2021	85,43
2008	71,64	2022	86,60
2009	72,61	2023	87,78
2010	73,60	2024	88,98
2011	74,61	2025	90,19
2012	75,63	2026	91,42
2013	76,66	2027	92,67
2014	77,70	2028	93,93
2015	78,76	2029	95,21
2016	79,84	2030	96,51
2017	80,93		

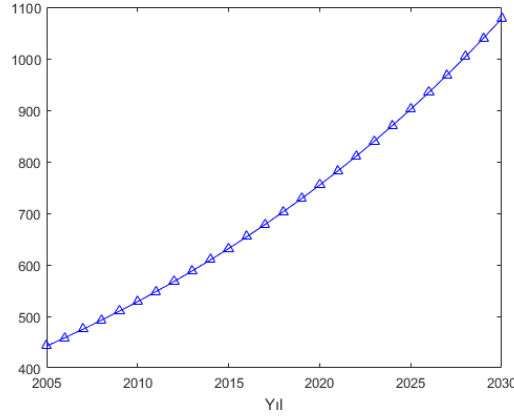
Bu çalışmanın sonucuna göre 2020'de 84,28 milyon ve 2030'da 96,51 milyonluk bir nüfus beklenmektedir. Bu bağlamda nüfusun önümüzdeki 13 yılda %20 civarında artması beklenmektedir.

Bu çalışmanın asıl konusu olan doğal gaz tüketimi tahmini 4,7392 MAPE hata oranı ile tahmin edilmiştir. Yine bu çalışma ile 2030 yılına kadarki tahminleri ve sonuçları tablo 14'de gösterilmiştir.

Tablo 14. 2030 Yılına Kadar Olan Doğal Gaz Tahminleri

Yıl	Doğal gaz tahmini (milyon m ³)	Yıl	Doğal gaz tahmini (milyon m ³)
2004	-	2018	57.656,09
2005	30.428,02	2019	60.561,54
2006	31.961,37	2020	63.613,39
2007	33.571,98	2021	66.819,03
2008	35.263,76	2022	70.186,22
2009	37.040,80	2023	73.723,09
2010	38.907,38	2024	77.438,18
2011	40.868,02	2025	81.340,50
2012	42.927,47	2026	85.439,46
2013	45.090,70	2027	89.744,97
2014	47.362,93	2028	94.267,46
2015	49.749,68	2029	99.017,84
2016	52.256,69	2030	104.007,61
2017	54.890,04		

Doğal gaz tüketimimizin bu artış eğrisi ile devam etmesi sonucunda 2020'de 63.613,39 milyon m³ bir tüketim miktarına, 2030 yılında da 104.007,61 milyon m³'lük tüketim miktarına ulaşılması beklenmektedir. Şekil 5'de ülkemizdeki yıllık doğal gaz tüketiminin nüfusa oranı gösterilmektedir.



Şekil 5. Türkiye'deki Yıllık Doğal Gaz Tüketiminin Nüfusa Oranı

Bu çalışmanın en önemli çıktısı doğal gaz ve nüfus oranıdır. Bu oran kişi başına düşen doğal gaz tüketimini vermekte olup, aslında ilerleyen yıllarda bu oranın yükselmesi, Türkiye'nin doğal gaz ihracatına bağımlı hale gelmesine sebebiyet verebileceğinin işaretini vermektedir.

Şekil 5'de görüldüğü gibi 2005 yılında 442,36 olan ülkemizin doğal gaz tüketiminin nüfusa oranı 2030 yılında 1077,70 olması beklenmektedir ve bu değer de yaklaşık 2.5 kat artış demektir. Bu sonuçlarla birlikte ülkemizin doğal gaz kaynaklarına önem vermesi gelecek politikalarımız adına önemlidir.

Tablo 15’te bu oran detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 15. Doğal Gaz Ve Nüfus Oranı

Yıl	m ³ / kişi	Yıl	m ³ / kişi
2005	442.40	2018	702.87
2006	458.42	2019	728.34
2007	475.05	2020	754.79
2008	492.24	2021	782.15
2009	510.13	2022	810.46
2010	528.63	2023	83.99
2011	547.76	2024	870.29
2012	567.60	2025	901.88
2013	588.19	2026	934.58
2014	609.56	2027	968.44
2015	631.66	2028	100.36
2016	654.52	2029	104.00
2017	678.24	2030	107.77

Bahsedildiği üzere bu oran, kişi başına düşen doğal gaz tüketimini vermekte olup, bu oranın, önümüzdeki 13 yılda yaklaşık % 40 oranında artış göstereceği tahmin edilmektedir. Bu bağlamda doğal gaza bağımlılığın artacağına dair bir yorum yapılabilmekte olup, doğal gazın büyük bir kısmının ithal edildiği gerçeği düşünüldüğünde cari denge ve çevresel göstergeler göz önünde bulundurularak doğal gaz tüketiminin sınırlandırılması ve alternatif enerji kaynaklarının kullanılması önem taşımaktadır.

4. SONUÇ

Doğal gaz, gerek hammadde olarak gerekse konutlarda ısınma ve sıcak su kaynağı olarak, gerekse sanayide en sık kullanılan enerji kaynaklarından biri olarak ülkemizde bulunur. Yapısı gereği, doğal gaz, diğer tüm yakıtlar göz önünde bulundurulduğunda, izafi olarak çevreye çok az zarar vermektedir. Doğal gaz, yaygın kullanılan bir enerji türü olarak, tüketimi ve talebinin, yıllar geçtikçe arttığı gözlenen bir enerji türüdür. Türkiye bir doğal gaz ülkesi olmakla birlikte milli doğal gaz rezervi 2013’te 6,16 milyar m³ olarak kaydedilmiştir. Doğal gaz kullanım oranları ise, 2004 senesinden 2016 senesine değin iki kat artmış ve doğal gaz ihtiyacı bu yönde yükselişe geçmiştir. Doğal gaz rezervleri, her ülkede bulunmayan ve sınırlı olan yapısından ötürü, hesaplanması ve tahmin edilmesi oldukça kritik bir kavram olarak karşımıza çıkar.

Bu bağlamda, bu çalışmada en geniş kullanıma sahip olduğu için birinci dereceden bir değişkenli gri model olarak isimlendirilen GM(1,1) modeli kullanıldı. Gri tahmin metodunu kullanarak 2030 yılına kadarki Türkiye'deki doğal gaz tüketim değerleri ve nüfus değerleri hesaplandı. Bu hedefle, meydana çıkarılan modelin tahmin doğruluklarının kıyaslanması için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) metoduna başvuruldu. GM(1,1) modeliyle hesapladığımız doğal gaz tüketim ve nüfus değerlerinin MAPE oranı %10'luk hata katsayısının çok daha altında çıkarak 'yüksek doğruluk' düzeyine sahip model kategorisine girmiştir. Elde ettiğimiz katsayı sonucunda modelin doğru kurgulandığını anlaşılmıştır.

Bunun sonucuna göre 2020'de 84,28 milyon ve 2030'da 96,51 milyonluk bir nüfus beklenmektedir. Doğal gaz tüketiminin bu artış eğrisi ile devam etmesi sonucunda 2020'de 63.613,39 milyon m³ bir tüketim miktarına, 2030 yılında da 104.007,61 milyon m³lük tüketim miktarına ulaşılması beklenmektedir. Bunun dışında, 2005 yılında kişi başına 442,36 m³ olan doğal gaz tüketiminin, 2030 yılında kişi başına 1.077,70 m³ olması beklenmektedir. Bir diğer ifade ile 2,5 kat artış beklenmektedir.

Bu çalışmada öngörülen değerler kullanılarak, kaynakların türüne göre gerekli olan önlemler ilgili tüm kurumlar açısından önem teşkil etmelidir. Tahmini değerler, gelecekteki yatırımların yönlendirilmesinde büyük önem taşıdığından karar vericiler farklı öngörme yöntemlerini dikkate almalı ve tahmin performansı açısından en iyi tahmin yöntemlerini seçmelidir.

KAYNAKLAR

- Akay, D., Atak, M.,** (2007), "Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey". Energy, 32(9), 1670-1675.
- Akgül, M.,** (2003), Biyokütenin Yakıt Potansiyeli Olarak Değerlendirilmesi. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. TMMOB, 3-4 Ekim. Kayseri. 277-288.
- Deng, J.L.,** (1982), The control problems of grey systems, System & Control Letters, 5: 288-294.
- Deng, J. L.,** (1989), Properties of multivariable grey model GM (1, N). The Journal of Grey System, 1(1), 25-41.
- EPDK,** Doğal gaz Sektör Raporu, (2014), Erişim: <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/2500> Erişim Tarihi: 29.03.2017.
- Kaya, K., Taşcı, L.,** (2015), TUTGA ve C Dereceli Nokta Koordinatlarının Gri Sistem ile Tahmin Edilmesi. TMMOB.
- Kusakcı, A. O., Ayvaz, B.,** (2015), Electrical Energy Forecasting for Turkey using Grey Forecasting Techniques with Rolling Mechanism, 2015 2nd International

Conference on Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI), Kasım Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

Liu, J., Liu, S., Fang, Z., (2015), Fractional-order reverse accumulation generation GM (1,1) model and its applications. *The Journal of Grey System*, 27(4), 52-63.

Makridakis, S., (1993), Accuracy measures: theoretical and practical concerns. *International Journal of Forecasting*, 9(4), 527-529.

Özkara, Y., (2009), Mevsimsel Ayırıştırma Temelli Gri Tahmin Yöntemi İle Aylık Elektrik Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

TPAO, Sektör Raporu (2013), Erişim: <http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/2013-YILI-HAM-PETROL-VE-DOGAL-GAZ-SEKTOR-RAPORU.pdf> Erişim Tarihi: 06.03.2017.

TÜİK, <http://www.resmiistatistik.gov.tr/?q=tr/content/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-etkb>, Erişim Tarihi: 15.03.2017.

Witt, S. F., Witt, C. A., (1992), Modeling and forecasting demand in tourism. Academic Press Ltd.

Research Article

**A BRANCH AND BOUND APPROACH FOR SINGLE
MACHINE SCHEDULING PROBLEM***

Sebrina Tadesse DAWD¹

Berk AYVAZ²

¹sebry3@yahoo.com

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

orcid.org/0000-0002-8098-3611

Abstract

Last decades, scheduling problems have attracted researchers because of the fact that they play a critical role in production planning. This paper studies to minimize the sum weight of lateness on a single machine scheduling problem. There are given n jobs and for each job we have a release date, a processing time, a due date and weight in a constraint working environment. Single machine models are important for various reasons because of the fact that it not only provides insights into the single machine environment but also bottleneck problem. There are various exact methods in order to solve single machine scheduling problem with make span objective function. However, if the objective functions is tardiness, lateness, weighted tardiness, weighted lateness etc. to find exact solution is very difficult. In this paper, branch and bound method is proposed to solve single machine scheduling problem with the total weighed lateness objective for small number of job. The proposed method has applied on a job size of 4, 5 and 8 and provides optimal result.

Keywords: Scheduling, Single Machine, Weighted Total Lateness Minimization, Branch & Bound

Araştırma Makalesi

TEK MAKİNE ÇİZELGELEME PROBLEMİ İÇİN DAL SINIR YAKLAŞIMI

Öz

Son yıllarda çizelgeleme problemleri üretim planlamada kritik bir rol oynadığı için araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bu çalışmada toplam ağırlıklı gecikme süresi minimizasyonu amaçlı tek makine çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Verilen n iş için işlerin geliş süresi, müşteriye teslim süresi, işlem süreleri ve iş çevresinin kısıtlarından kaynaklanan işlerin ağırlıkları verilmiştir. Tek makine modelleri sadece tek makine ortamı için bir bakış açısı kazandırmasından değil aynı zamanda darboğaz problemlerinin çözümü için de bir bakış sağladığı için önemlidir. Toplam tamamlanma süresi minimizasyonu için tek makine çizelgeleme problemlerini çözmek için tam çözüm veren birçok metot vardır. Bununla birlikte, gecikme, erken bitirme, ağırlıklı gecikme amaçları söz konusu olduğunda tam çözüm bulmak çok zordur. Bu çalışmada az sayıda iş içeren, toplam ağırlıklı gecikme minimizasyonu problem için dal-sınır algoritması önerilmiştir. Önerilen model 4, 5 ve 8 adet iş için gerçek hayat verileri kullanılarak uygulanmış ve en uygun sonuç alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çizelgeleme, tek makine, toplam ağırlıklı gecikme minimizasyonu, dal & sınır.

* Received / Geliş tarihi: 22/06/2017

²Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

Accepted / Kabul tarihi: 28/09/2017

bayvaz@ticaret.edu.tr

1. INTRODUCTION

Scheduling problems have attracted researchers for decades because of the fact that they play a significance role in production planning process. In this study, we consider the single machine scheduling problem, in which the objective function is to minimize the total sum of lateness. The problem can be stated as follows: a non-preemptive single machine scheduling problem with n jobs, associated with each job j , ($j = 1, \dots, n$) have several parameters: p_j ; the processing time for job j , r_j ; the ready time or release date for job j , $[d_{jmin}, d_{jmax}]$; the minimum and maximum due date of job j ; w_j ; weight of the jobs with a constraint working shift hours. The objective is to minimize the sum weight of lateness of all jobs. The single machine weighted tardiness/lateness problem is known to be NP-hard (Yurtkuran and Emel, 2016).

There are lots of studies in the literature related to the single machine scheduling problem some of these studies as following:

Gordon et al. (1997) considered a single machine preemptive scheduling problem to minimize the weighted number of late jobs. Yang et al. (2002) investigated a single machine scheduling problem with a flexible maintenance to minimize the makespan. They assumed that the machine should be stopped to maintain or to reset for a constant time r during the scheduling period. A heuristic algorithm with computational experiments is presented for the addressed problem. Chang et al. (2004) considered a single-machine scheduling problem with release times to minimize the total weighted completion time. They proposed two new heuristics to solve problem. Gupta and Chantaravaran (2008) take into consideration the single machine scheduling problem with independent family setup times where jobs in each family are processed together. The objective is to minimize total tardiness. A mixed-integer linear programming model can solve small-sized problems but due to the NP-hard nature of the problem, two-phase heuristics including simulated annealing algorithms are proposed to find near-optimal schedules. Atan and Aktürk (2008) focused the single CNC machine scheduling problem with controllable processing times to maximize the total profit that is composed of the revenue generated by the set of scheduled jobs minus the sum of total weighted earliness and weighted tardiness, tooling and machining costs. Batun and Azizoğlu (2009) considered the single machine total flow time problem in which the jobs are non-resumable and the machine is subject to preventive maintenance activities of known starting times and durations. They proposed a branch-and-bound algorithm for the problem. Benmansour et al. (2012) addressed a stochastic single machine scheduling problem for minimizing the expected total weighted deviations of completion times from random common due date. Batsyn et al. (2014) considered the preemptive single machine scheduling problem to minimize the total weighted completion time with arbitrary processing times and release dates. They developed a heuristic method in order to solve problem. Zhang et al. (2014) have proposed two objective functions, which are the weighted sum of the waiting times and the weighted discounted cost function of the waiting times, for single machine. Lee et al. (2014) have considered a single-machine two-agent problem to minimize a weighted

combination of the total completion time and the total tardiness of jobs from the first agent given that no tardy jobs are allowed for the second agent. A branch-and bound algorithm is used to derive the optimal sequence and two simulated annealing heuristic algorithms are proposed to search for the near-optimal solutions.

In this paper, we present the branch and bound to minimize the total weight of lateness on a single machine scheduling problem. The presented method applied to the jute softening machine scheduling problem in Ethiopia. In jute production industries, if jobs are done early or tardy, deterioration of products or loss of products can be occur. Hence, to solve these problems, it needs a just in time philosophy to produce slight late and not too early jobs.

The paper is organized as follows. In section 2, methodology of the branch and bound as well as insertion of idle time present. In section 3, problem definition and notation are introduced. In section 4, branch and bound algorithm is applied to real life example. In section 5 computational results are shown.

2. METHODOLOGY

There are various methods in order to solve single machine scheduling problem with makespan objective function. However, if the objective functions is tardiness, lateness, weighted tardiness, weighted lateness etc. to find exact solution is very difficult. In this case, branch and bound method is preferred to solve single machine scheduling problem with small number of job. Branch and bound method does not give exact solution with a big number of jobs. To solve big number of job heuristic methods such as genetic algorithm, simulated annealing, tabu search etc. are used. The computational method for solving this problem can be divided in to two steps:

- Sequencing the jobs by branch and bound method
- Scheduling by inserted idle time in the machine - by blocking system

2.1 Branch and Bound method

a. *Branching procedure:* At any node a feasible solution can be partitioned in to different subsets, each corresponds to a descendant node of the search tree using forward sequencing. A simple branching procedure is branch on level i of the search tree by selecting a job to be scheduled on position i , if in a node of the search tree on level i the set of jobs not yet scheduled jobs is denoted by J and the starting time of the jobs from J by t , for position i we only have to consider jobs k with

$$t_j < \min_{k \in J} \{ \max(t, r_k) + p_k \} ,$$

To decrease the computational effort we can start $t_0 = \min r_j$.

b. *Bounding procedure:* As we know practical scheduling problems are not easily solved, because it needs knowledge based system, heuristic algorithms, and

integration with other enterprise functions and so on. In this problem, the searching strategies is calculating the lower bound values in the searching space and branch the smallest value. To eliminate a node at each level we use ATCR rule.

ATCR combines WSPT and MS rule:

$$I_j(t, r_j) = \frac{w_j}{p_j} e^{\left(-\frac{\max(d_j - p_j - \max(r_j, t), 0)}{k_1 \bar{p}} \right) * \left(-\frac{\max(r_j - t, 0)}{k_2 \bar{p}} \right)}$$

k_1 = due date scaling parameter (look-ahead parameter)

k_2 = release time scaling parameter

w_j = the weight of the jobs

r_j = release time of the jobs

t = the starting time of the jobs

\bar{p} = is average p_j of the remaining jobs

To determine the scaling parameter and to get a good schedule first considers:

Due date tightness coefficient τ

$$\tau = 1 - \frac{\sum \bar{d}_j}{nC_{\max}}$$

Due Date Range factor R:

$$R = (d_{j_{\max}} - d_{j_{\min}}) / C_{\max}$$

we use the maximum due date values in the job group.

$$C_{\max} = \sum_{j=1}^n p_j + n \bar{r}_j \text{ over estimated makespan group}$$

The value of K_1 is between τ and R

$$k_1 = 4.5 + R, \text{ for } R \leq 0.5$$

$$k_2 = 6 - 2R, \text{ for } R > 0.5$$

To determine the release time scaling parameter K_2

Release time severity factor μ

$$\mu = \frac{r}{p}$$

$$K_2 = \tau / 2\sqrt{\mu}$$

To simplify the computational effort we use the same value of $K_1 \bar{P}$ and $K_2 \bar{P}$ in different iteration.

If two jobs are equal objective value, we can broke the tie by checking the sensitivity of the job to tardy or early by using its average due date values and then select the sensitive job for the next sequence.

2.2 Insertion idle time

In this study the procedures of idle time insertion are:

1. From the specified sequence, assign the first job in to the first block and scheduling it to complete at its due date. According to Baker and Trietsch (2009) a schedule Z is optimal if the first job in the first block cannot be tardy and the last job in any block cannot be early. In our case if this job does not tardy, start at least by leaving a gap of the strictly tardy jobs processing time; in the job group r_j greater than the shift hours. In our assumption for each job group, the possible shifting time is:

- $\sum p_j < 8$ considers 8 shifting hours
- $\sum p_j \geq 8$ considers 16 working shifting hours
- $\sum p_j \geq 16$ considers 24 shifting hours

2. In the second block, add the adjacent job in the given sequence. In this case it is possible shift the block in both directions; either shifts close to its possible starting time or far from it, to minimize the objective function within a given processing time.

3. If job j is too early when added to the existing block, then it is rescheduled to complete close to its due date, thus starting a new block. Otherwise job j is added to the existing block, starting when job (j-1) completes. At this stage, if we can achieve a better total cost by shifting all jobs in the block later, we do so. This shift is possible only if we have inserted, or a gap between the previous block and the current block. In addition to this the earliness value of the job is better when it closes to the average due date value. In this time the insertion of idle time between blocks are more advantageous to minimize the earliest value.

4. If the gap between the blocks and the constraint of the possible working shift hour consumed before the block's cost minimized, we merge the blocks. Any further shift now applies to the merged block.

5. Finally, re-schedule the tardy jobs i.e. $r_j \geq \text{the total shifting hrs}$ in to the idle time of the machine without interrupting of the scheduled jobs. Because the ready time of each job is no larger than its due date, and then the constraints ensure that jobs start at or after their respective ready times and those jobs does not overlap.

Feasibility and optimality criteria:

- If a job that has a low release time never tardy.
- All jobs have a low release time must be done in one day within a possible shifting hrs.
- The working shift hours are 8, 16 and 24 hours.

3. PROBLEM DEFINITION

In this study, we address single machine scheduling problem with the aim of minimizing total weighted lateness time. Some of the assumptions and definitions in this scheduling problem are:

- The release time is the time when the material is ready for softening process
- Machine may be idle, because $r_j \neq 0$, but it never breakdown and are available throughout the scheduling period
- There is permutation
- The due date is the optimal duration of each type of fiber in the bin, and the date of processing in the next production process
- No cancellation – each job must be processed to completion
- The processing times are independent of the schedule and include the setup time
- No machine may process more than one operation at a time
- The technological constraints are known in advance and are unchallengeable
- There is no randomness; because the number of jobs, number of machines, due date and release time is known and fixed
- In advance consider the daily production capacity of softening machine and consider the consumption of each fiber for daily production process as a weight of jobs
- The workers are always available
- Always all raw materials are available in their release time
- The raw material is withdrawn from the store in the FCFS method
- There are adequate number of bin
- There is a limited waiting space
- The possible working hours are somewhat greater than the summation of processing times

From these assumptions and definitions, let the objective function $Z(x)$, assume x is the schedule

$$Z(x) = \min \sum_{j=1}^n w_j (E_j + T_j)$$

Where,

$$E_j = \max(0, d_{j_{\max}} - (t_j + p_j)) = \max(0, d_{j_{\max}} - C_j)$$

$$T_j = \max(0, (t_j + p_j) - d_{j_{\max}}) = \max(0, C_j - d_{j_{\max}})$$

Where,

$$C_j < d_i$$

$$C_j \leq \text{total shift hours}$$

$$\sum_{j=1}^n P_j \leq \sum_{j=1}^n r_j$$

$$t_j \geq r_j \text{ because } t_i = r_i + s_i$$

$$t_i + p_i \leq t_j \text{ or } p_j + t_j \leq t_i$$

E_j : earliness of the job j

T_j : Tardiness of the job j

n : Number of jobs

t_j : Suppose a job j can be start

C_j : completion time of job j

$d_{j\min}$ - the minimum due date value of the job

$d_{j\max}$ - the maximum due date value of the job

p_j - processing time of the job j

C_j - completion time of job j

s_j - waiting time of job j

w_j - weight of the job j

In a large value of due date and small value of completion time, without any calculation a job j is early. But in our case the earliness value is just defined as a time taken for further treatment in the Bin before passing in to the carding or spreader machine. It must be between minimum and maximum due date values. During the insertion of idle time the earliness value is evaluated as

$$- E_j \cong d_{j\max} \text{ it is too early}$$

$$- E_j \cong \bar{d}_{j\max} \text{ it is better}$$

$$- E_j \cong d_{j\min} \text{ It is early}$$

Besides this a job j is tardy if:

$$- E_j \leq d_{j\min} \quad T_i = d_{j\min} - E_j$$

$$- r_j \geq \text{working shift hours}$$

- A job doesn't completely work in the possible working period.

From the above assumptions and definitions, the problem can be mathematically re-write as: $1 / r_j / \sum_{j=1}^n w_j (E_j + T_j)$, this problem is NP-hard. Because the simple version

of this type of problem; $\sum w_j T_j$ and $\sum w_j E_j$ are NP-hard (Bulbul et al (2007); Tanaka(2012); Baker & Dan, (2009); Du and Leung(1990); Hoogeveen(2005); Lawler(1977); Lenstra et al, (1977).

4. APPLICATION

In this section, we apply the branch and bound method to real life application for the jute softening machine scheduling problem in Ethiopia. As before mentioned, in jute production industries, if jobs are done early or tardy, deterioration of products or loss of products can be occur. Hence, to solve these problems, it needs a just in time

philosophy to produce slight late and not too early jobs. The presented method has applied on a job size of 4, 5 and 8 and provides optimal result.

4.1 For a job size 4 (jute softening machine)

Table 1 shows the data, which is used in this paper. The job index is related to the practical problem and defined as 1=Alaba; 2= Sidamo; 3 =BWCA; 4=BTD; and all measurements are in hours.

Table 1: Data related to jobs

Job	p_i	r_i	d_{imin}	d_{imax}	w_i
1	3.2	32	72	144	36
2	2	4.7	120	144	22
3	2.7	12	216	240	20
4	2.34	11.7	48	96	22

As can be seen in Figure 1, by using the above procedure of the branch and bound we obtain the sequence {2, 3, 4, 1} as an optimal solution.

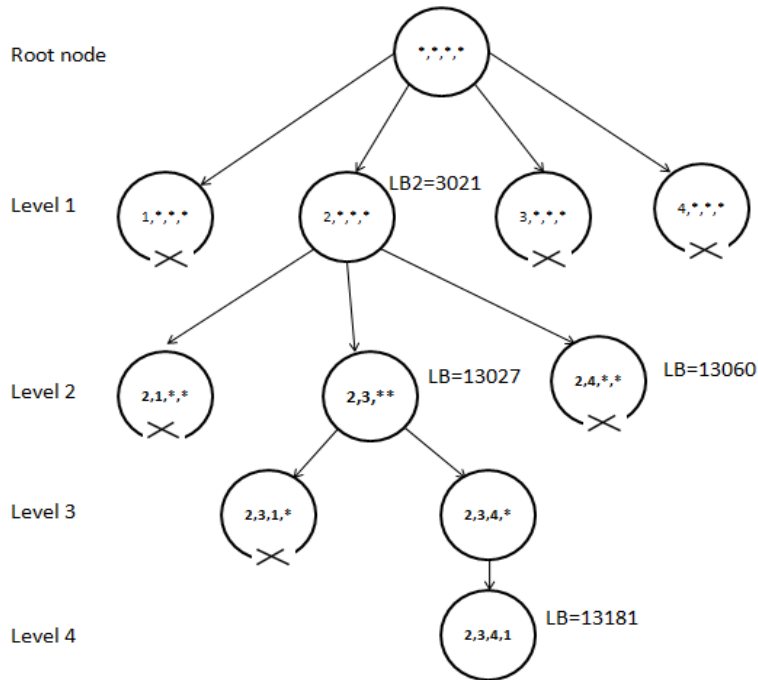


Figure 1. Branch and a Bound schema for 4-job problem final sequence

Table 2. Objective function in branch and bound

job	p_i	t_i	C_i	d_{imax}	E_i	d_{imin}	T_i	w_i	Z_i
2	2	4.7	6.7	144	137.3	120	0	22	3021
3	2.7	12	14.7	240	225.3	216	0	20	4506
4	2.34	14.7	17.04	96	78.96	48	0	22	1737
1	3.2	32	35.2	144	108.8	72	0	36	3917

13181

We obtain optimal solution for objective function by using branch and bound method 13181 as given in Table 2. In addition objective function after idle time insertion is 12875 as seen in Table 3.

Table 3. Objective function after idle time insertion

job	p_i	t_i	C_i	d_{imax}	E_i	d_{imin}	T_i	w_i	Z_i
2	2	11.2	13.2	144	130.8	120	0	22	2878
3	2.7	13.2	15.9	240	224.1	216	0	20	4482
4	2.34	21	23.34	96	73	48	0	22	1599
1	3.2	32	35.2	144	108.8	72	0	36	3917

12875

We can draw Gantt chart as below in Figure 2.

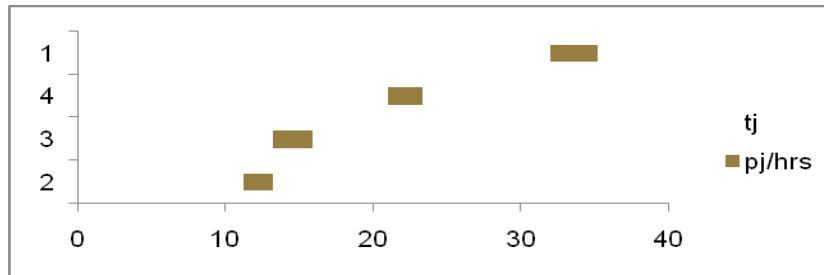


Figure 2. Gantt chart for the final schedule

Note that, Job1 is done in the next day of the scheduling time and the jobs are done within two shifting hours, in other words when a job with a high release time can be done before the scheduled jobs if and only if the machine is idle (see Figure 3).

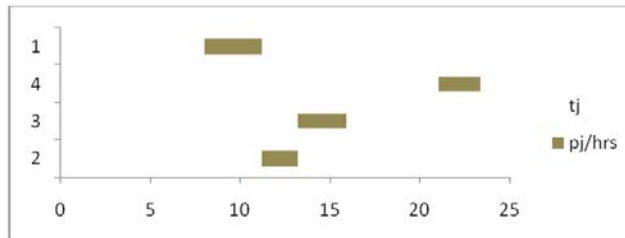


Figure 3. Timetable of the scheduled jobs

4.2 For a job size 5

Table 4 shows the data for 5 jobs.

Table 4. Job size 5 scheduling problem

job	p_j	r_j	d_{jmin}	d_{jmax}	w_j
1	2	17	98	144	11
2	2	9	129	212	36
3	3	27	180	203	20
4	3	16	106	173	15
5	2	20	120	186	18

Table 5. Objective function in B&B {2, 1, 4, 5, 3}:

job	p_j	t_j	C_j	d_j	w_j	E_j	d_{jmin}	w_jE_j	w_jT_j	Z
2	2	9	11	212	36	201	129	7236	0	7236
1	2	17	19	144	11	125	98	1375	0	1375
4	3	16	22	173	15	151	106	2265	0	2265
5	2	20	24	186	18	162	120	2916	0	2916
3	3	27	30	203	20	173	180	3460	140	3600
										17392

We reach optimal solution for objective function by using branch and bound method 17392 as given in Table 5.

Table 6. Objective function after idle time inserted

job	p_j	t_j	C_j	d_j	w_j	E_j	d_{jmin}	w_jE_j	w_jT_j	Z
2	2	15	17	212	36	195	129	7020	0	7020
1	2	17	19	144	11	125	98	1375	0	1375
4	3	16	22	173	15	151	106	2265	0	2265
5	2	20	24	186	18	162	120	2916	0	2916
3	3	27	30	203	20	173	180	3460	140	3600
										17176

In addition objective function after idle time insertion is 17176 as seen in Table 6.

4.3 For a job size 8

Table 7 shows the data for 8 jobs.

Table 7. Job size 8 scheduling problem

job	p_i	r_i	d_{jmin}	d_{jmax}	w_j
1	3	27	180	203	15
2	3	11	150	169	6
3	3	21	62	96	15
4	2	5	79	173	4
5	2	8	55	137	19
6	2	7	64	194	16
7	2	16	125	203	14
8	3	10	144	190	11

Table 8. Objective function in B&B {4,6,2,8,7,5,3,1}

job	p_j	t_j	C_j	d_{jmax}	w_j	E_j	d_{jmin}	w_jE_j	w_jT_j	Z
4	2	5	7	173	4	166	79	664	0	664
6	2	7	9	194	16	185	64	2960	0	2960
2	3	11	14	169	6	155	150	930	0	930
8	3	10	17	190	11	173	144	1903	0	1903
7	2	16	19	203	14	184	125	2576	0	2576
5	2	8	21	137	19	116	55	2204	0	2204
3	3	21	24	96	15	72	62	1080	0	1080
1	3	27	30	203	15	173	180	2595	105	2700
										15017

We obtain optimal solution for objective function by using branch and bound method 15017 as given in Table 8. And also objective function after idle time insertion is 14977 as seen in Table 9.

Table 9. Objective function with idle time inserted

job	p_j	t_j	C_j	d_j	w_j	E_j	d_{jmin}	w_jE_j	w_jT_j	Z
4	2	7	9	173	4	164	79	656	0	656
6	2	9	11	194	16	183	64	2928	0	2928
2	3	11	14	169	6	155	150	930	0	930
8	3	14	17	190	11	173	144	1903	0	1903
7	2	17	19	203	14	184	125	2576	0	2576
5	2	19	21	137	19	116	55	2204	0	2204
3	3	21	24	96	15	72	62	1080	0	1080
1	3	27	30	203	15	173	180	2595	105	2700
										14977

5. CONCLUSION

Recent years, scheduling problems take researchers attention because of the fact that they play an important role in production planning process. In this study, we consider the single machine lateness scheduling problem to minimize the total sum of lateness.

In this paper, the branch and bound method is used for all problems. As shown in the above results the insertion of forced or voluntary machine idle time is advantageous to minimize the objective function especially the lateness value. In addition to this, it identifies the working shift, for example in job size 4 and 5 the possible working shifting hours is 16hr/day, and for job size 8, 24hrs/day and also to prove the feasibility of the given sequence in a constraint working environment. The tardy job in all scheduling problems are only 1. However, this job never be solve unless its release time less than the real world working shift hours.

In addition to this all jobs are done without any overlap, this decrease the daily scheduling cost of the planner. In the future we can apply this algorithm for large problems by using meta heuristics algorithms.

REFERENCES

- Atan M. O., Akturk M. S.,** (2008), Single CNC machine scheduling with controllable processing times and multiple due dates, *International Journal of Production Research* 46, 6087-6111.
- Baker K. R. and Trietsch D.,** (2009), *Principles of sequencing and scheduling*, A John Wiley & Sons Inc, Hoboken, New Jersey, 2009.
- Batsyn M., Goldengorin B., Pardalos M. & Sukhov P.,** (2014), Online heuristic for the preemptive single machine scheduling problem of minimizing the total weighted completion time, *Journal of Optimization Methods and Software*, 23(5), 13-17.
- Batun S. and Azizoğlu M.,** (2009), Single machine scheduling with preventive maintenance, *International Journal of Production Research*, Vol. 47, No. 7, 1753–1771.
- Benmansour R., Hamid A. & Artiba A.,** (2012), Stochastic single machine scheduling with random common due date, *Journal International Journal of Production Research*, Volume 50, 2012 -Issue 13.
- Bülbül K., Kaminsky P., and Yano C.,** (2007), *Preemption in single machine earliness/tardiness scheduling*, Springer Science and Business Media, LLC 2007.
- Chang P.C, Chung Y.K., Hsieh, J.C.,** (2004), On single-machine scheduling with release times to minimize total weighted completion time, *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, Vol. 21, 567-575.

Du J., Leung J.Y.T., (1990), Minimizing total tardiness on one machine is NP-hard; *Mathematics of Operations Research* Vol. 15, No. 3 (Aug., 1990), 483-495.

Gordon, V., Potapneva E. and Werner F., (1997), Single machine scheduling with deadlines, release and due dates, *Optimization*, 42, 219-244.

Gupta J.N.D., & Chantaravarapan S., (2008), Single machine group scheduling with family setups to minimize total tardiness, *International Journal of Production Research* 46, 1707–1722.

Hooqveen J.A., (2005), Multicriteria scheduling, *European Journal of Operational Research* Volume 167, Issue 3, 16 December 2005, 592-623.

Lawler E.L., (2005), A “Pseudopolynomial” Algorithm for Sequencing Jobs to Minimize Total Tardiness, *Annals of Discrete Mathematics* Volume 1, 1977, 331-342.

Lee W., Shiau Y., Chung Y., and Lawson D., (2014), Single-Machine Scheduling to Minimize Total Completion Time and Tardiness with Two Competing Agents, *the Scientific World Journal* Volume 2014.

Lenstra J.K., Rinnooy A.H.G.K., and Brucker P., (1977), Complexity of machine scheduling problems, *Annals of Discrete Mathematics*, Vol. 1(1977), 343-362.

Tanaka S., (2012), An Exact Algorithm for the Single-Machine Earliness–Tardiness Scheduling Problem, *Just-in-Time Systems*, Volume 60 of the series, *Springer Optimization and Its Applications*, 21-40.

Yang D.L., Hung C.L., Hsu C.J., Chern M.S., (2002), Minimizing the makespan in a single machine scheduling problem with a flexible maintenance, *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 19, 63-66.

Yurtkuran A. & Emel E., (2016), A discrete artificial bee colony algorithm for single machine scheduling problems, *International Journal of Production Research*, 54:22, 6860-6878.

Zhang L., Guan L., Zhou K., (2014), Stochastic Machine Scheduling to Minimize Waiting Time Related Objectives with Emergency Jobs; *Discrete Dynamics in Nature and Society*, Volume 2014.

Review Article

SAYMA SÜREÇLERİYLE YAŞAM SÜRDÜRME ANALİZİ*

Emel BAŞAR¹

Gazi Üniversitesi, Fen Fakültesi İstatistik Bölümü
ebasar@gazi.edu.tr

Öz

Yaşam sürdürme analizi (survival analysis), iyi tanımlanmış bir başlangıç noktasından itibaren ölçülen ve önceden tanımlanmış herhangi bir olayın gerçekleşmesine kadar geçen zaman sürelerinden oluşan verinin analizinde kullanılmaktadır. Yaşam sürdürme zamanlarından oluşan yaşam sürdürme verisi, çoğu zaman durdurmaya (censoring) bağlı olarak tamamlanamamıştır ve bilinen istatistiksel yöntemler kullanılmamaktadır. Yaşam sürdürme fonksiyonu ve hazard hızı, bütün yaşam sürdürme analizi teorisinde açıklanmaya çalışılan iki temel kavram olmaktadır. Bu kavramları açıklamak üzere özellikleri birbirlerinden farklı pek çok model kurulmaktadır. Bu çalışmada, temel olarak hazard hızını modelleyen ve yaşam sürdürme analizinde yaygın olarak kullanılan bazı modeller sayma süreçleri çerçevesinde incelenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yaşam sürdürme analizi, hazard hızı, Cox model, sayma süreci, toplamsal hazard modeli, çarpımsal-toplamsal hazard modeli, kırılgnalık.

Tarama Makalesi

COUNTING PROCESS IN SURVIVAL ANALYSIS

Abstract

The survival analysis is used to analyzing survival data which are measured from well defined starting point to the occurrence of well defined any event. Survival data are consisting of the survival times and they are frequently incomplete observations due to censoring. So, ordinary statistical methods cannot be used. The survival function and the hazard rate are two basic concepts to be explained in theory of survival analysis. There are many models with different properties to explain these concepts. In this study, in the context of counting process some models that are used in the survival analysis have been considered and basically have been explained hazard rate.

Keywords: Survival analysis, hazard rate, Cox's model, counting process, additive hazards model, multiplicative-additive hazards model, frailty.

* Received / Geliş tarihi: 25/10/2016

¹ Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

Accepted / Kabul tarihi: 18/01/2017

ebasar@gazi.edu.tr

1. GİRİŞ

Yaşam sürdürme analizi istatistiğin en eski alanlarından biridir. Bu konudaki ilk çalışmalar 17. yüzyılda demografi alanında yaşam tablosu kuruluşuyla başlamış, daha sonra demografların ve aktüerlerin katkıları ile geliştirilmiştir. Bu bağlamda günümüzde geliştirilerek kullanılmaya devam eden ilk yaşam tablosu 1662 yılında İngiliz istatistikçi John Graund (1620-1674) tarafından yapılmıştır. Başlangıcından itibaren İkinci dünya savaşının sonuna kadar aktüerler tarafından geliştirilen klasik yaklaşımlar yaşam sürdürme analizine egemen olmuştur (Andersen ve Keiding, 1998). Yaşam sürdürme analizi ilk zamanlarda, tam olarak adının da işaret ettiği gibi, ölüm hızları ya da ölümlülük gibi gerçekten yaşamın sürdürülmesine ilişkin olarak düşünülmekteyken, günümüzde yalnızca ölümle ilgili olmayıp, çalışılmak istenen herhangi bir türdeki olayın meydana gelmesi zamanlarının analizi olarak çok geniş bir anlama sahiptir. Mühendislikte güvenilirlik analizi (reliability analysis), ekonomide süre analizi (duration analysis), sosyolojide olay geçmişi analizi (event history analysis) olarak isimlendirilmektedir.

Yaşam sürdürme verisinin önemli bir özelliği diğer veri türlerinde olmayan durdurmanın (censoring) bulunmasıdır. Yani ilgilenilen olayın, gözlemin yapıldığı zaman süresi boyunca mutlaka gözlemlenmiş olması gerekli değildir. İlgilenilen olay bazı birim ya da bireyler için gerçekleşir, ancak bazıları için gerçekleşmez. Kısaca, bir birim ya da bireye ilişkin sürecin gözlemlenmesinin belli bir zamanda durdurulmasıdır ve bu andan sonra ne olduğuna ilişkin daha fazla bilgi yoktur. Bu durumda yaşam sürdürme verisi tamamlanmamıştır. Tamamlanmış ve tamamlanmamış gözlemlerin bir arada bulunması yaşam sürdürme verisinin temel karakteristiği olmaktadır. Bu nedenle durdurulmuş gözlemlerin de bulunduğu verinin analizi için bilinen istatistiksel yöntemler yetersiz kalmakta ve özel yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Yaşam sürdürme alanında 1950'li yıllara kadar klasik yaklaşımlar kullanılmış, asıl gelişme bu tarihten sonra meydana gelmiştir. Kaplan-Meier tarafından önerilen, ünlü yaşam sürdürme eğrisi tahminin yer aldığı çalışma yeni dönemin başlangıcı olmuştur (Kaplan-Meier, 1958). Bu çalışma, "ISI Web of Knowledge"da 33000'den çok alıntıyla istatistik tarihinde en çok alıntı yapılan makalelerden biri olmuştur (Aalen vd., 2009). Klasik yaşam tablosu yöntemi zaman aralıklarını bir, beş gibi sabit ve geniş aralıklara bölerken, Kaplan-Meier yöntemi oldukça küçük aralıklarda çalışmaktadır ve aslında aralıklar sonsuz küçük değerdedir. Böylece bir bakıma eski yaşam tablosunun sürekli-zamana ilişkin olan biçimi önerilmiştir. Önerileri, gün be gün hastaların izlendiği ve ilgilenilen olayın meydana geldiği zamanlarının kaydedildiği klinik çalışmalardan elde edilen, yeni türde yaşam sürdürme verisinin gelişmesine yol açmıştır. Ancak böyle çalışmalardaki birey sayısı demografik ve aktüeryal çalışmalardaki birey sayısından çok daha az olmaktadır. Böylece Kaplan-Meier yönteminin gelişmesiyle yeni tür verinin yarattığı yeni problemlere yanıt bulunabilmektedir.

Kaplan-Meier'in makalesi 1958 yılında yeni bir alan açmış, ancak pek çok soruyu da beraberinde getirmiştir. Örneğin yaşam sürdürme eğrileri karşılaştırılabilir mi? gibi sorular, yeni çalışmaların yapılması yolunu açmıştır. İki ya da daha çok yaşam sürdürme eğrisinin karşılaştırılmasına ilişkin testler, 1960'lı ve 1970'li yıllar boyunca geliştirilmiştir. Zaman kavramıyla ölçülen değişkenin üzerinde etkili olabilecek eşdeğişkenlerin (covariates) modele nasıl ekleneceği sorusu ilk defa 1972'de David Cox tarafından önerilen orantılı hazard modeli (proportional hazards model) ile çözülmüştür (Cox, 1972). Cox'ın makalesi önemli bir gelişmeye neden olmuştur ve ispatı, "ISI Web of Knowledge"da 24000'den çok alıntıyla çok büyük bir etkiye yol açmıştır (Aalen vd., 2009).

Kaplan-Meier tahmin edicisinin asimptotik özelliklerinin neler olduğu ya da Cox modelinin uygun olup olmadığı gibi soruların ortaya çıkması başka teori arayışlarına neden olmuştur. Yaşam sürdürme verisinin yapısı gereği stokastik süreç özelliği göstermesi, martingale kavramının, genel bir teori arayışı içinde yer almasını sağlamıştır. Martingale yöntemleri, karmaşık istatistiksel kavramlar için basit ifadeler elde etmeyi, test istatistikleri ve tahmin ediciler için asimptotik dağılımların elde edilmesini ve durdurulmuş veriye ilişkin işlevsel özellikleri incelemeyi mümkün kılmaktadır. Bu gelişmelerin başlangıcı 1980'li yılların başına dayanmaktadır. Bu alanda ilk çalışma Aalen tarafından yapılmıştır (Aalen, 1978b; 1980). Andersen ve Gill; Fleming ve Harrington; Andersen, Borgan, Gill ve Keiding; Aalen, Borgan ve Gjessing'in çalışmalarının, teorisinin gelişmesine önemli katkısı olmuştur (Aalen vd., 2009; Andersen ve Gill 1982; Andersen vd., 1993; Fleming ve Harrington, 2005).

Aslında Martingale kavramı resmen olmasa bile yaşam sürdürme alanında gizli olarak yer almıştır. 1959'da önerilen Mantel-Haenszel testinde, 1975'de Cox'ın önerdiği kısmi olabilirlik fonksiyonunun elde edildiği çalışmada, 1977'de Tarone ve Ware'in önerdiği testte martingale düşüncesi sezgisel olarak yer almıştır (Cox, 1975; Mantel-Haenszel, 1959; Tarone ve Ware, 1977).

2. YAŞAM SÜRDÜRME FONKSİYONU VE HAZARD HIZI

Yaşam sürdürme analizi teorisinde önemli olan iki temel kavram bulunmaktadır. Bunlar yaşam sürdürme fonksiyonu ve hazard hızıdır. Yaşam sürdürme eğrisi belli bir zamana kadar kaç kişinin hayatta kaldığı bilgisini verirken, hazard hızı, zamanın bir fonksiyonu olarak önceden meydana gelmemesi koşulu altında incelenen olayın gerçekleşmesi riskini vermektedir.

Bir birim ya da bireye ilişkin yaşam sürdürme sürelerinden oluşan rastgele değişken T 'lerin aynı dağılımlı ve bağımsız (iid), pozitif değerler alan bir rastgele değişken olduğu varsayılmaktadır. Yaşam sürdürme fonksiyonu $S(t)$, t zamanına kadar ilgilenilen olay henüz gerçekleşmemiş bireyler için, olayın gerçekleşmesine ilişkin beklenen oranı vermektedir. İlgiilenilen olayın t zamanına kadar gerçekleşmemesinin koşulsuz olasılığıdır ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$S(t) = P(T > t) \quad (1)$$

Hazard hızı $\alpha(t)$, koşullu olasılık olarak tanımlanmaktadır. Rastgele değişken T 'lerin sürekli olduğu varsayılarak, t zamanına kadar ilgilenilen olayın henüz gerçekleşmediği gözlemler dikkate alındığında, $(t, t + dt)$ gibi küçük bir zaman aralığında ilgilenilen olayın meydana gelmesi olasılığı $\alpha(t)dt$ olmaktadır. Böylece hazard hızı limit olarak aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

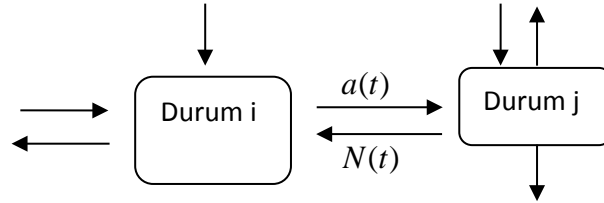
$$\alpha(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta t} p(t \leq T < t + dt | T \geq t)$$

Yaşam sürdürme eğrisi birden başlayan, sonra zaman boyunca artmayan bir fonksiyon iken, hazard fonksiyonu negatif olmayan herhangi bir fonksiyon olabilmektedir. Hazard hızı basit gibi görünmekle birlikte aslında anlaşılması zor bir kavramdır. Durdurulmuş yaşam sürdürme verisinden K-M tahmin edicisiyle yaşam sürdürme eğrisi kolayca tahmin edilirken, zamana bağlı keyfi bir fonksiyon olan hazard hızını tahmin etmek daha güç olmaktadır. Çoğu zaman aşağıda tanımlanan birikimli hazard hızını tahmin etmek daha kolay olmaktadır.

$$A(t) = \int_0^t \alpha(s) ds$$

Bu eşitlik Nelson-Aalen tahmin edicisi adını almaktadır ve $A(t)$ 'nin parametrik olmayan bir tahmini Nelson tarafından 1972 yılında önerilmiş, Aalen tarafından geliştirilmiştir (Aalen, 1978b; Nelson, 1972).

Yaşam sürdürme analizinde martingale kavramı, Nelson-Aalen tahmin edicisiyle birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Tahmin süreci hazard hızı kavramına dayanmaktadır. İlgiilenilen olayların meydana gelmesi iki durumlu bir Markov zinciri gibi düşünülmektedir. Durumlar ve geçişler Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Markov Zincirinde Geçişler (Aalen vd., 2009)

t zamanında i 'nci durumda olan bireylerin sayısı $Y(t)$, $[0, t]$ zaman aralığında i 'nci durumdan j 'inci duruma geçenlerin sayısı $N(t)$ ile gösterilsin. Durum uzayında i ve j durumlarını dikkate alalım. Yeni bir olayın gerçekleşmesine ilişkin hız, yani yeni bir geçiş olması, t zamanındaki bireylerin sayısının, $\alpha(t)$ ifadesi ile çarpımına eşit olacaktır. Böylece geçiş olasılıkları hazard hızı kavramına dayalı olarak elde edilmektedir. Ayrıca yaşam sürdürme verisine ilişkin bir özellik olan durdurma, kolayca bu düzene dâhil edilebilmektedir.

Aalen'in bu düşüncesi "çarpımsal yoğunluk modeli (multiplicative intensity model)" adı verilen genel bir modellemenin başlangıcı olmuştur. Başka bir deyişle sayma

süreci $N(t)$ 'nin hızı olarak tanımlanan $\lambda(t)$, gözlenen bir $Y(t)$ süreci ile bilinmeyen hız fonksiyonu $\alpha(t)$ 'nin çarpımı olarak,

$$\lambda(t) = a(t)Y(t) \quad (4)$$

şeklinde yazılmaktadır. Yaklaşık olarak;

$$dN(t) \approx \lambda(t)dt = a(t)Y(t)dt \quad (5)$$

$$\frac{dN(t)}{Y(t)} \approx a(t)dt \quad (6)$$

olur ve $A(t) = \int_0^t \alpha(s)ds$ 'nin uygun bir tahmini;

$$\int_0^t \frac{dN(s)}{Y(s)} \quad (7)$$

olarak elde edilir. Bu ifade tam olarak Nelson-Aalen tahminidir. Yukarıda anlatılan yapı Markov zinciri yapısından çok bir nokta süreci (point process) ya da sayma süreci (counting process) özelliğine sahiptir ve matematiksel temeli Aalen tarafından ortaya konulmuştur (Aalen, 1978b).

Martingale teorisine dayalı olarak bir sayma süreci iki kısım halinde yazılabilmektedir.

$$N(t) = \Lambda(t) + M(t) \quad (8)$$

(Gözlem = Sinyal + Gürültü)

$\Lambda(t)$ birikimli yoğunluk sürecidir ve $\Lambda(t) = \int_0^t \lambda(s)ds$ olarak tanımlanmaktadır.

Böylece sayma sürecinden yoğunluk sürecinin integrali çıkarılırsa bir martingale elde edilmektedir. Bu da sezgisel olarak ulaşılan yoğunluk süreci kavramına eşit olmaktadır ve Nelson-Aalen tahmini aşağıdaki gibi yazılabilmektedir.

$$dN(t) = a(t)T(t)dt + dM(t) \quad (9)$$

$$\frac{1}{Y(t)}dN(t) = a(t) + \frac{1}{Y(t)}dM(t) \quad (10)$$

$$\int_0^t \frac{dN(s)}{Y(s)} = \int_0^t a(s)ds + \int_0^t \frac{dM(s)}{Y(s)} \quad (11)$$

Böylece sıfır ortalamalı bir martingale ile $\hat{A}(t)$ yansız bir tahmin edici olmaktadır.

Nelson-Aalen tahmin edicisi $a(t)$ hazard fonksiyonunu esas almaktadır. Burada $a(t)dt$, t zamanında riskte olan bir birey için, bundan sonraki çok küçük $[t, t + dt)$ aralığında olayın meydana gelmesi olasılığıdır.

Bazen hazard fonksiyonu yerine $(s, t]$ sonlu aralığında bir olayın meydana gelmesi olasılığı olan yaşam sürdürme fonksiyonu ile ilgilenilebilir. Nelson-Aalen tahmin edicisini yaşam sürdürme fonksiyonu $S(t)$ 'nin bir tahminine dönüştürmek için product-integral dönüşümü kullanılır (Gill ve Johansen, 1990; Gill, 2005).

$$S(t) = \prod_{(0,t)} \{1 - dA(s)\} \quad (12)$$

$A(t) = \int_0^t a(s)ds$ hazard fonksiyonu $a(t)$ için birikimli yoğunluktur ve

$$\prod_{(0,t)} \{1 - dA(s)\} = \exp\left(-\int_0^t a(s)ds\right) \quad (13)$$

şeklinde ifade edilebilir. Eğer birikimli yoğunluk kesikli bir ölçüm ise;

$$A(t) \sum_{s_i \leq t} h_j \quad (s_1 < s_2 < \dots)$$

olmak üzere, s_j zamanında h_j yüksekliğinde sıçrama yapan bir fonksiyon olacaktır. O zaman;

$$\prod_{(0,t)} \{1 - dA(s)\} = \prod_{s_i \leq t} \{1 - h_j\} \quad (14)$$

olur ve tahmin edici;

$$\hat{S}(t) = \prod_{(0,t)} \left\{1 - d \hat{A}(s)\right\} \quad (15)$$

biçiminde elde edilir. Elde edilen bu ifade 1958 yılında önerilen Kaplan-Meier tahmin edicisidir. Olayın meydana geldiği zamanlarda, $t_j \leq t$ için $1 - 1/Y(t_j)$ faktörlerinin çarpımına eşittir. K-M tahmin edicisinin martingale gösterimi;

$$\frac{\hat{S}}{S(t)} - 1 = -\int_0^t \frac{S(S^-)}{S(s)Y(s)} dM(s) \quad (16)$$

olur. Sağ taraftaki integral sıfır ortalamalı bir martingale ile tahmin edilebilir bir süreçtir. Bu gösterimle K-M tahmin edicisinin özellikleri kolayca ispatlanabilmektedir (Gill, 1980).

Pek çok durdurma türü olmakla birlikte durdurma türleri genel olarak sağdan durdurma adı altında toplanmaktadır. Sağdan durdurma yoğunluk sürecinin biçimini değiştirmemektedir. Ayrıca sayma süreci yaklaşımının önemli bir özelliği de bağımsızlık gerektirmemesidir.

3. REGRESYON MODELLERİ

Yaşam sürdürme analizinde yapılan pek çok çalışmanın amacı, yaşam süresi üzerinde bir ya da daha çok eşdeğişkenin etkisini incelemektir. Durdurulmuş gözlemlerin bulunduğu yaşam sürdürme verisi için çok sayıda farklı biçimleri ve özellikleri olan regresyon modelleri önerilmiştir.

t zamanında $i = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere n tane birey olduğunu ve i 'nci birey için kimi bileşenleri sabit (fixed), kimi bileşenleri zaman bakımından değişken (time-varying) olan eşdeğişken vektörünün $x_i(t) = (x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{ip}(t))^T$ olduğu varsayalım. N_i 'ye ilişkin yoğunluk süreci aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\lambda_i(t) = Y_i(t)a(t|x_i) \quad (17)$$

$Y_i(t)$, eğer i 'nci birey, ilgilenilen olay bakımından t zamanından hemen önce riskte ise 1 değerini, aksi halde 0 değerini alan bir gösterge değişkenidir. i 'nci bireye ilişkin yoğunluk ya da hazard hızı $a(t|x_i)$, sabit ya da zaman bakımından değişken olan eşdeğişkenlerin varlığı altında tanımlanır. Bir regresyon modeli elde etmek için $a(t|x_i)$ 'nin $x_i(t)$ 'ye ne şekilde bağlı olduğunu tanımlamak gerekir. Bu ilişkiyi parametrik, yarı-parametrik ve parametrik olmayan modeller kurarak belirlemek mümkündür.

3.1. Görelî Risk Regresyon Modelleri

Bu grupta yer alan regresyon modelleri yarı-parametrik modellerdir ve i 'nci bireye ilişkin eşdeğişken vektör $x_i(t)$ 'nin, hazard hızı $a(t|x_i)$ ile aşağıdaki gibi ilişki içinde olduğu varsayılmaktadır.

$$a(t|x_i) = a_o(t)\tau(\beta, x_i(t)) \quad (18)$$

Burada $\tau(\beta, x_i(t))$ görelî risk fonksiyonu, β eşdeğişkenin etkisini gösteren regresyon katsayı vektörü ve $a_o(t)$ tanımlanmamış temel hazard hızıdır. Yukarıda tanımlanan model parametrik olmayan kısım (temel hazard) ve parametrik kısım (görelî risk fonksiyonu) olmak üzere iki parça halindedir ve bu nedenle yarı-

parametrik model olarak isimlendirilmektedir. Model, $N_i(t)$ yoğunluk sürecine dayalı olarak aşağıdaki gibi yazılabilmektedir;

$$\lambda_i(t) = Y_i(t)a_0(t)\tau(\beta, x_i(t)) \quad (19)$$

$\tau(\beta, 0) = 1$ olduğu varsayıldığı zaman, tüm eşdeğişken değerleri sıfıra eşit olan bir bireye ilişkin hazard hızı $a_0(t)$ olmaktadır.

Farklı biçimlerde risk fonksiyonları tanımlanabilmektedir. Risk fonksiyonu $\tau(\beta, x_i(t)) = \exp\{\beta^T x_i(t)\}$ biçiminde tanımlanır, üstel görel risk modeli elde edilmektedir. Bu model çok bilinen ve yaygın olarak kullanılan Cox regresyon modeli olarak isimlendirilmektedir.

Bağlantı fonksiyonu olarak $\tau(\beta, x_i(t)) = 1 + \beta^T x_i(t)$ biçiminde bir fonksiyon tanımlanır, doğrusal görel risk modeli adını almaktadır. Bu model, “toplamsal görel hazard modeli (additive relative hazard model)” olarak da isimlendirilmektedir. Bir başka model, parametrik kısım için dikkate alınan fonksiyonun $\tau(\beta, x_i(t)) = 1 + \exp(\beta^T x_i(t))$ biçiminde olduğu modeldir. Bu modellerde eşdeğişkenler temel hazard hızını toplamalı olarak artırmakta ya da azaltmaktadır. Ancak eşdeğişkenlerin etkisi tanımlanmamış temel hazard hızı ile birlikte ortaya çıkmakta ve eşdeğişkenlerin ayrı ayrı yorumlanması mümkün olmamaktadır. Ayrıca modelin toplamsal bir yapıya sahip olması nedeniyle hazard fonksiyonun pozitif değer alması her zaman sağlanamamaktadır.

Görel risk regresyon modellerinde iki bireye ilişkin hazard hızları oranlanırsa;

$$\frac{\alpha(t|x_2)}{\alpha(t|x_1)} = \frac{\tau(\beta, x_2(t))}{\tau(\beta, x_1(t))} \quad (20)$$

ifadesi elde edilir. Eğer tüm eşdeğişkenler zaman bakımından sabit ise bu oran zaman boyunca aynı kalır ve bu özelliğe sahip olan modeller orantılı hazard modelleri olarak isimlendirilir. Özel olarak Cox’ın modeli dikkate alındığı zaman, diğer eşdeğişkenler sabit iken j’inci eşdeğişkendeki bir birimlik artış, hazard hızını e^{β_j} kadar artırmaktadır. Genel anlamda bu değer j’inci eşdeğişkene ilişkin görel risk olmaktadır. Regresyon katsayıları doğrusal görel risk modelinde bu kadar kolayca yorumlanamamaktadır. Bu nedenle Cox’ın modeli çok kullanılan bir model olmaktadır (Aalen vd., 2008).

Cox’ın modeli çok esnek bir model olmasına rağmen, eşdeğişken etkilerinin zaman bakımından değişmez olduğunun varsayılması, modelin uygunluğunun denetlenmesini önemli bir problem haline getirmiştir. Modelin uygunluğu konusunda gerek grafiksel olarak, gerek artıklara dayalı pek çok çalışma yapılmıştır.

Orantılılık varsayımının bozulduğu ortaya çıkarsa, Cox'ın modeline zamana bağlı bazı eşdeğişkenlerin eklenmesi mümkündür. Birçok farklı biçimde zamana bağlı eşdeğişken modele dâhil edilebilmektedir. İzleme zamanı farklı zaman aralıklarına bölünerek her bir aralık içinde geçerli olmak üzere parçalı sabit görelili risk varsayımı yapılabilir. Bir başka yol ise, zaman bakımından değişken (time-varying) olan eşdeğişkenin etkisi için parametrik bir fonksiyon tanımlamaktır. Ancak hangi fonksiyonun uygun olduğu konusu çok açık değildir.

Bir diğer yol ise tabakalı modelin kullanılmasıdır. Orantılılık özelliği göstermeyen eşdeğişkenin düzeyleri tabaka olarak kabul edilir. Her tabaka, farklı bir temel hazard fonksiyonuna sahip olmakta ancak regresyon katsayıları bütün yığın için aynı olmaktadır. Modelin dezavantajı, tabakalı olarak alınan eşdeğişkenin etkisinin özetlenmesinin zorluğudur. Çok sayıda tabakanın varlığı durumunda model uyumu zorlaşır ve tahminlerin kestirimleri zayıflar. Ayrıca aynı anda pek çok eşdeğişkene nasıl anlam verileceği güçleşir.

3.2. Toplamsal Regresyon Modelleri

Görelili risk regresyon modellerinde eşdeğişkenlerin etkisinin, temel hazard fonksiyonu üzerinde çarpımsal bir rol oynadığı ve etkilerinin zaman boyutunda sabit olduğu varsayılmaktadır. Ancak bazı durumlarda eşdeğişkenlerin etkisi çarpımsal olmaktan çok toplamsal olmaktadır. Yani başka bir deyişle eşdeğişkenin etkisinin ölçümü, görelili bir ölçüden çok mutlak bir ölçü olarak ortaya çıkmaktadır. Bu modellerde eşdeğişkenlerin etkilerinin zaman boyunca değişmesine izin verilmektedir ve modeller parametrik olmayan modellerdir. Çeşitli biçimlerde kurulan modeller pek çok yazar tarafından incelenmiştir. Yukarıda değinilen toplamsal görelili hazard modelleri kimi zaman bu grup içinde yer almaktadır. Ancak yine de görelili olma özelliği öne çıkmaktadır. Tümüyle parametrik olmayan özelliğe sahip olan model Aalen tarafından önerilen ve kendi adıyla anılan Aalen'in toplamsal hazard modelidir (Aalen's additive hazards model) ve aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Aalen, 1980).

$$\alpha(t|x_i) = \beta_0(t) + \beta_1(t)x_{i1}(t) + \dots + \beta_p(t)x_{ip}(t) \quad (21)$$

$$\lambda_i(t) = Y_i(t)(\beta_0(t) + \beta_1(t)x_{i1}(t) + \dots + \beta_p(t)x_{ip}(t)) \quad (22)$$

Burada $x_i(t) = (x_{i1}(t), x_{i2}(t), \dots, x_{ip}(t))^T$ t zamanında i'nci bireye ilişkin eşdeğişken vektörü, $\beta_0(t)$ bütün eşdeğişken değerleri sıfır olan bir bireye ilişkin temel hazard hızını göstermektedir. Bu modeldeki katsayılar, t zamanında, eşdeğişkendeki bir birimlik değişiminin temel hazard hızı $\beta_0(t)$ 'de meydana getirdiği değişimi göstermektedir. Bu anlamda $\beta_j(t)$ t zamanında j'inci eşdeğişkenin etkisini gösteren risk artışıdır (excess risk). Diğer modellerden farkı, Aalen'in modelinde, zaman boyutunda $\beta_j(t)$ katsayılarının büyüklüğünde ve

işaretinde serbestçe değişiklik olmasına olanak verilmesidir. Ayrıca eşdeğişkenlerin etkileri de zaman boyunca değişebilmektedir. Temel hazard hızı tanımlanmamış bir fonksiyondur ve model tam olarak parametrik olmayan bir modeldir.

En çok olabilirliğe dayalı tahmin tekniklerinin kullanıldığı orantılı hazard modellerinin aksine, risk katsayılarının tahminleri en küçük kareler tekniklerine dayalı olarak elde edilmektedir. Aalen, modeldeki $\beta_j(t)$ katsayılarını doğrudan tahmin etmek yerine birikimli regresyon katsayılarının en küçük kareler tahminini elde etmiştir.

Yarı parametrik toplamsal regresyon modelleri Lin ve Ying; McKeague ve Sasieni tarafından önerilmiştir (Lin ve Ying, 1994; McKeague ve Sasieni, 1994). Lin ve Ying tarafından önerilen model;

$$\lambda_i(t) = Y_i(t) \{ \beta_0(t) + \gamma x_i(t) \} \quad (23)$$

biçimindedir. Burada $\beta_0(t)$, tanımlanmamış temel hazard hızı, γ , zaman boyutunda sabit olduğu varsayılan regresyon katsayı vektörü, $x_i(t)$ eşdeğişken vektörüdür.

McKeague ve Sasieni tarafından önerilen model ise, bir bakıma Aalen'in modeli ile Lin ve Ying tarafından önerilen modelin karışımı olarak düşünülebilir.

$$\lambda_i(t) = Y_i(t) \{ \beta(t) z_i(t) + \gamma x_i(t) \} \quad (24)$$

Bu modelde regresyon katsayılarının bazıları zaman bakımından değişebilirken bazılarının sabit olduğu varsayılmaktadır.

Toplamsal ve çarpımsal modelleri birlikte ele alan ve çarpımsal-toplamsal modeller (multiplicative-additive models) olarak adlandırılan farklı modeller de kurulabilmektedir.

3.3. Parametrik Regresyon Modelleri

Parametrik olmayan modeller daha çok biyoistatistik ve tıp alanında kullanılırken, parametrik modeller mekanik bir parçanın ömür süresiyle ilgili güvenilirlik çalışmalarında kullanılmaktadır. En çok kullanılan dağılımlar üstel, Weibull dağılımları olmaktadır.

Daha önce $[0, t)$ aralığında, i 'nci bireye ilişkin tanımlanan olayın meydana gelmesi sayısı bir sayma süreci olan $N_i(t)$ ile gösterilmiştir. Olay, her bir birey için en fazla bir kez ortaya çıkmakta ve $N_i(t)$ yalnızca 0 ya da 1 değerini almaktadır. Tekrarlı olay (recurrent event) verisinde ise her birey için olay birden fazla kez tekrarlanabilir ve $N_i(t)$ 1'den büyük tam sayılı değerler alabilir. Bu durumda

$N_i(t)$ 'nin yoğunluk süreci q -boyutlu parametre ile $\lambda_i(t; \theta)$ olarak gösterilmekte ve aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır;

$$\lambda_i(t; \theta) = Y_i(t) \alpha_i(t; \theta) \quad (25)$$

Burada, $Y_i(t)$ i 'nci birey için; t zamanından hemen önce birey gözlem altında ise 1, aksi halde 0 değerini alan bir gösterge değişkeni, $\alpha_i(t; \theta)$, yoğunluk ya da hazard hızı olmaktadır.

Regresyon modeli için hazard hızı $\alpha_i(t; \theta)$, bileşenleri sabitlenmiş ya da zaman bakımından değişken olan eşdeğişken vektörü $x_i(t) = (x_{i1}(t), x_{i2}, \dots, x_{ip}(t))^T$ 'ye bağlı olacaktır.

Bu modeller, gözlenebilen eşdeğişkenlere bağlı olarak ortaya çıkan ve bireyler arasındaki farklılıkları modellemek için kullanılabilir. Ancak, genetik ya da çevresel faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan, gözlenemeyen değişkenlere bağlı olan bireyler arasındaki farklılıklar modellenmek istenirse başka bir modelleme yapmak gerekmektedir. Bu problem, kırılabilirlik (frailty) modelleri kurularak çözülebilmektedir.

4. KIRILGANLIK MODELLERİ

Bireyler birbirlerinden farklıdır. Bu durum yaşamın ve istatistiğin temel bir gözlemi olmaktadır. Bazen bir birey için yararlı olan bir işlemin, başka bir birey için daha az yararlı olacağı sonucuna ulaşılabilir. Bir bireye ilişkin yüksek bir risk faktörü, başka bir birey için daha düşük bir risk anlamına gelebilir. Bu değişim her yerde gözlenebilen bir değişimdir.

İstatistiksel analizin amaçlarından biri de böyle bir değişimi belirleyen faktörleri doğru biçimde anlamaktır. Bu nedenle yapılan bir regresyon analizinde, gözlenebilen eşdeğişkenlerle açıklanamayan bazı değişimler bulunmaktadır ve açıklanamayan bu değişim önemli olabilmektedir.

Yaşam sürdürme analizinde, şimdiye kadar anlatılan modeller, gözlenebilen eşdeğişkenlere bağlı olarak bireyler arasında görülen farklılıkları modellemek için kullanılabilir. Eşdeğişkenlerle açıklanamayan, değişimi gözlenemeyen heterojenlik (unobserved heterogeneity), modellenmek istendiği zaman kırılabilirlik modelleri söz konusu olmaktadır. Yani bazı bireyler için tanımlanan olayın gerçekleşmesi daha muhtemeldir ve bireyler arasında temel bir rastgelelik (radomness) daima mevcut bulunmaktadır.

Kırılabilirlik sözcüğü, gözlenemeyen heterojenliği tanımlamak üzere ilk olarak Vaupel ve arkadaşları tarafından tek değişkenli yaşam sürdürme modellerinde

kullanılmıştır . Vaupel, demografik anlamda bir bireye ilişkin ölüm gücünü (force of mortality); bireyin zayıflık düzeyi ve temel bir fonksiyonun çarpımı olarak tanımlayan bir rasgele etki modeli önermiştir (Vaupel vd., 1979). Clayton ve Cuzick temel hazard fonksiyonu üzerinde çarpımsal biçimde etkili olan orantılı hazard kırılma modelini önermiştir (Clayton ve Cuzick, 1985). Hougaard bireyler arasındaki heterojenliği gamma, ters Gaussian dağılımlarını kullanarak parametrik olarak modellemiştir (Hougaard 1984, 1986). Sinha ve Gustafson çok düzeyli çok değişkenli yaşam sürdürme verisi için bayesci hiyerarşik zayıflık modellerini incelemiştir (Gustafson, 1995; Sinha, 1993). Yau rastgele etkiler için çok düzeyli (multilevel) modelleri önermiştir (Yau, 2001). Yashin ve arkadaşları ilişkili veri yapısında kırılma modelini incelemiştir (Yashin vd., 1995), Huber ve Vonta modeli, veride durdurma ve budanma (truncation) durumu varken ele almıştır (Huber ve Vonta, 2004).

Çözümlemek istenen problemlerde kırılmanın var olması, pek çok birbirinin içine girmiş hataya yol açmakta ve yanlış sonuca ulaşmaya neden olabilmektedir. Söz konusu olay, yüksek riske sahip olan bireylerde, diğer bireylerden daha önce meydana gelmektedir. Böylece bir süre sonra risk setinde kalanlar daha düşük ortalama kırılma hızına sahip olacaklardır. Bu durum aşağı doğru hareket eden bir hazard hızı etkisi izlenimi vermektedir. Yığına ilişkin çok yavaş artan hatta azalan bir hazard hızı, bireysel riskin de azaldığı biçiminde yorumlanabilmektedir. Ancak kimi zaman bu durum bütünüyle yanlış olabilmektedir. Yığın için gözlemlenen hazard hızı azalırken her bir bireye ilişkin gözlemlenemeyen hazard hızının artması mümkün olabilmektedir.

Bu durum aslında hazard hızını gerçek anlamının ne olduğu sorusunu ortaya çıkarmaktadır ve hazard hızı, modellerin kurulmasında, hatta daha geniş bir anlamda sayma süreci yaklaşımının kuruluşunda önemli bir kavram olmaktadır. Hazard hızının zaman boyutunda gelişmesi, bireye ilişkin riskteki gelişmeyle yarışan riskler tanımlanmaktadır. Böylece hazard hızının biçimi gözlemlendiği zaman, bunun bireylerin içindeki değişime mi yoksa bireyler arasındaki farklılığa mı bağlı olduğunu bilmek zor olmaktadır.

Daha önce de değinildiği gibi, bazen söz konusu olan olay bir birey için birden fazla sayıda gerçekleşebilir. Böyle olaylar tekrarlı olaylar adını almaktadır. Başka bir durumda ise ilgilenilen birden çok olay bulunmaktadır. Böyle olaylar yarışan riskler (competing risks) olarak adlandırılmaktadır. Her birey için olayın birden çok kere gerçekleşebilmesi durumu çok-durumlu modeller ile tanımlanmaktadır. Tekrarlı olaylar ya da başka tür çok değişkenli yaşam sürdürme verisi varken rastgele etki modellerinin kuruluşunda kırılma kavramından yararlanılmaktadır. Böylece kırılma teorisi çeşitli biçimlerdeki rastgele etki modellerinin kurulmasında önemli olmaktadır.

Uygulamada kırılma kavramının ne anlama geldiği yani heterojenlik kaynağının ne olduğu birkaç maddede özetlenebilir. İlk olarak başlangıçta var olan biyolojik farklılıklardan bahsedilebilir. Örneğin bazı bireyler hassas bir kalple ya da kansere

genetik bir yatkınlıkla doğar. İkinci olarak kırılğanlık, dinamik bir kavram olarak, örneğin stresli bir yaşamın zaman boyunca bireyleri değiştirebilmesi olarak ortaya çıkabilir. Üçüncüsü de geç kalınmış ya da erken teşhis edilmiş bir hastalığa bağlı olarak ortaya çıkan heterojenliği kapsayabilir. Bu durum biyolojik özelliklerin doğasında bulunan kırılğanlıktan biraz daha farklı olmaktadır. Bu anlamda kırılğanlık, bireyler arasındaki pek çok farklı heterojenlik türünü kapsamaları bakımından karmaşık bir kavram olmaktadır. Kısaca bu kavram, bireyler arasında farklılıklar olduğunu varsaymaktadır. Ancak bu farklılıkların risk bakımından nasıl değerlendirilmesi gerektiği önemli bir soru olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kırılğanlık kavramını matematiksel olarak ifade etmenin yollarından biri, her bireye ilişkin hazard hızı üzerinde orantılı biçimde hareket eden bir kırılğanlık faktörü Z 'ye sahip olduğunun varsayılmasıdır. Böylece kırılğanlık faktörü Z 'ye sahip olan bir bireye ilişkin hazard hızı;

$$a(t|Z) = Z\alpha(t) \quad (26)$$

olmaktadır. Burada, kırılğanlık düzeyini tanımlayan Z , bireylerin ait olduğu yığına ilişkin bir rastgele değişken olarak kabul edilmektedir. Z ve $\alpha_0(t)$ ifadelerinin her ikisi de gözlenemez (unobservable). Bir yığından gözlenebilen şey bireye ilişkin hazard hızı değildir, ancak farklı kırılğanlıklara sahip olan çok sayıda bireye ilişkin bir sonuçtur veya yığın hazard hızı olarak adlandırılan kavramdır.

Z verildiğinde t zamanına kadar yaşam sürdürme olasılığı, $A(t) = \int_0^t \alpha(u)du$ olmak üzere;

$$S(t|Z) = e^{-ZA(t)} \quad (27)$$

olarak tanımlanmaktadır. Yığına ilişkin yaşam sürdürme fonksiyonu ise;

$$S(t) = E\{e^{-ZA(t)}\} \quad (28)$$

olmaktadır. Z 'ye ilişkin Laplace dönüşümü $\mathcal{L}(c) = E(\exp(-cZ))$ ile tanımlanırsa yaşam sürdürme fonksiyonu;

$$S(t) = L(A(t)) \quad (29)$$

ve $\mu(t)$ ile gösterilen yığın hazard hızı;

$$\mu(t) = \alpha(t) \frac{-L'(A(t))}{L(A(t))} \quad (30)$$

biçiminde elde edilmektedir. Böylece yığın ve bireye ilişkin hazard hızı arasındaki fark ikinci terimle belirlenerek daima azalan bir fonksiyon olduğu

gösterilebilmektedir. Model, bireye ilişkin heterojenliği açıklamanın zamana bağlı olmayan basit bir ifadesi olmakla birlikte heterojenlikle ilgili sorunun çözümünde etkili bir model olmaktadır. Laplace dönüşümünün sağlandığı dağılımlar kırılabilirlik dağılımları olarak alınabilmektedir. Bu konuda gamma dağılımı genel bir seçim olarak kabul edilmektedir. Gamma dağılımından başka pozitif kararlı (positive stable), güç varyans fonksiyonu (power variance function), lognormal, ters (inverse) Gaussian, Weibull ve bileşik (compound) Poisson dağılımlarından yararlanılmaktadır (Hanagal, 2011; Wienke, 2011).

5. SONUÇ

Günümüzde hemen her alanda istatistiksel analizlerden yararlanılmaktadır. Analizlerin kullanımı öncelikle elde edilen verinin yapısına ve verinin doğasında bulunan değişkenliğe bağlıdır. Rastgelelik, veriye ilişkin değişimin hepsini kapsayan yakalanması zor, geniş bir kavramdır. İstatistiksel analizlerin başlıca amacı, rastgeleliği yaratan faktörleri doğru biçimde anlamak ve yorumlamaktır. Bu anlamda rastgelelik her durumda incelenmesi gereken bir olgu olmaktadır.

Bu çalışmada yaşam sürdürme analizindeki gelişmeler tarihsel boyut dikkate alınarak incelenmiş, yaşam sürdürme analizinin temel kavramları, ortaya çıkan yeni problemler ve problemleri çözmek üzere ileri sürülen yeni düşünceler sayma süreçleri kuramı bakımından açıklanmaya çalışılmıştır. Yaşam sürdürme analizinde yer alan modeller, genel özellikleri dikkate alınarak sınıflanmaya çalışılmış ve tüm modeller sayma süreçleri kuramı bağlamında ele alınarak incelenmiştir.

KAYNAKLAR

Aalen, O. O., (1978b), “Nonparametric inference for a family of counting processes”, *Annals of Statistics*, 6, 701–726.

Aalen, O. O., (1980), “A Model for Nonparametric Regression Analysis of Counting Process. In *Lectures notes on Mathematical Statistics and Probability*”, Klonecki W., Kozek A., Rosinski J., eds. Springer-Verlag, New York, 1-25.

Aalen, O. O., Borgan, Ø., Gjessing, H., K., (2008), *Survival and Event History Analysis: A Process Point of View*. Springer-Verlag, NewYork.

Aalen, O. O., Anderson, P., Borgan, Ø., Gill, R., Keiding, N., (2009), “History of applications of martingales in survival analysis”, *Electronic Journal for History of Probability and Statistics*. June, Vol. 5 No.1.

Andersen, P. K., Gill, R. D., (1982), “Cox’s Regression Model for Counting Process: A Large Sample Study”, *Annals of Statistics*, 10, 1100-1120.

Andersen P. K, Borgan Ø, Gill R, Keiding N., (1993), *Statistical Models Based on Counting Processes*. Springer-Verlag, New York.

Andersen, P. K., Keiding, N., (1998), "Survival Analysis: overview", In *Encyclopedia of Biostatistics* (eds P. Armitage and T. Colton), vol.6, 4452-4461. Wiley, Chichester.

Clayton D, Cuzick J., (1985), "Multivariate generalizations of the proportional hazards model", *Journal of the Royal Statistical Society (A)*, 148: 82-117.

Cox, D. R., (1972), "Regression models and life tables", *Journal of the Royal Statistical Society, B* 34, 187-220.

Cox D. R., (1975), "Partial Likelihood", *Biometrika*, 62: 269-276.

Fleming, T. R., Harrington, D. P., (2005), *Counting Processes and Survival Analysis*. Wiley, New York.

Gill, R. D., (1980), "Censoring and stochastic integrals", *Mathematical Centre Tracts*, Vol. 124, Mathematisch Centrum, Amsterdam.

Gill, R. D., (2005), "Product-integration. In *Encyclopedia of Biostatistics* (eds P. Armitage and T. Colton), vol. 6, 4246-4250.

Gill, R. D., Johansen, S., (1990), "A survey of product-integration with a view towards application in survival analysis", *Annals of Statistics*, 18, 1501-1555.

Gustafson, P., (1995), "Hierarchical Bayesian analysis of clustered survival data", *Technical Report #144*, Department of Statistics, University of British Columbia, Canada.

Hanagal D. D., (2011), *Modelling Survival Data Using Frailty Models*. Chapman and Hall.

Hougaard P., (1984), "Life table methods for heterogeneous populations", *Biometrika*, 71: 75-83.

Hougaard P., (1986), "Survival models for heterogeneous populations derived from stable distributions", *Biometrika*, 73: 387-396.

Huber-Carol C, Vonta F., (2004), "Frailty models for arbitrarily censored and truncated data", *Lifetime Data Analysis*, 10: 369-388.

Kaplan, E. L., Meier, P., (1958), "Non-parametric Estimation From Incomplete Observations", *Journal of the American Statistical Association*, 53, 457-481.

Lin, D. Y., Ying, Z., (1994), "Semiparametric analysis of the additive risk model", *Biometrika*, 81, 61-71.

Mantel N., Haenszel W., (1959), “Statistical aspects of the analysis of data from retrospective studies of disease”, *Journal of the National Cancer Inst.*, 22: 719-748.

McKeague, I. W., Sasieni, P. D., (1994), “A partly parametric additive risk model”, *Biometrika*, 81, 501-514.

Nelson, W., (1972), “Theory and applications of hazard plotting for censored failure data”, *Technometrics*, 14, 945–965.

Sinha, D., (1993 a), “Semiparametric Bayesian analysis of multiple time data”. *J. Amer. Statist. Assoc.*, 88, 979-983.

Tarone E. R, Ware J., (1977), “On distribution-free tests for equality of survival distributions”, *Biometrika*, 64: 156-160.

Vaupel, J. W., Manton, K. G., Stallard, E., (1979), “The impact of heterogeneity in individual frailty on the Dynamics of mortality”, *Demography*, 16, 439-454.

Wienke A., (2011), *Frailty Models in Survival Analysis*. Chapman and Hall.

Yashin A. I., Vaupel J. W, Iachine A. I., (1995), “Correlated individual frailty: An advantageous approach to survival analysis of bivariate data”, *Mathematical Population Studies*, Vol. 5(2): 145-159.

Yau K. K. W., (2001), “Multilevel models for survival analysis with random effects”, *Biometrics*, 57: 96-102.

Tarama Makale

**OTOPARK SİSTEMLERİNDE İSTANBUL KART
UYGULAMASI İSPARK ÖRNEĞİ***

Ali GÜNGÖR¹

Erdinç ÖZTÜRK²

¹Istanbul Ticaret Üniversitesi, Siber Güvenlik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye,
ali.gungor@ispark.istanbul
orcid.org/0000-0003-3508-5684

²Istanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Türkiye,
eozturk@ticaret.edu.tr
orcid.org/0000-0003-1553-2619

Öz

Günümüzde akıllı tablet ve cihazlar sayesinde bilgisayar çağı bir üst seviyeye çıkmış bulunmakta ve yaşam standartlarımız da bu doğrultuda değişmektedir. Kullandığımız ödeme sistemleri, kredi kartları, debit kartlar vb. hayatımızın bir parçası olmuştur. Artan nüfus popülasyonu beraberinde akıllı şehirciliği beraberinde de güvenli alternatif ödeme sistemlerini getirmiştir. Bunlardan en önemlisi gelecekte hayatımıza daha çok etki edecek olan akıllı kartlardır. İstanbul gibi metropoliten ve trafiğin yoğun olduğu bir şehirde toplu taşımada büyük rol oynayan akıllı kartlar otopark sektöründe de kullanılmalıdır. Akıllı kartlar kredi kartlarından ve diğer debit kartlardan daha güvenli diyebileceğimiz bir DES şifreleme yapısına sahiptir. Ayrıca her akıllı kartın kendine ait bir ID numarası olması, otoparkları kullanan müşterilerin bıraktığı kullanım istatistiklerinin toplanmasında ve kullanılmasında etkili olmaktadır. Akıllı kartlar kullanımı kolay, güvenliği yüksek, kişisel veri açığı olmayan, dolumu basit, kırılması zor bir NFC ürünüdür. Bu nedenle otoparklarda ödeme aracı olarak kullanılması nakit ve diğer kartlara göre her zaman bir adım önde olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şehir, Akıllı Kart, Akıllı Kart ile Ödeme, NFC Teknolojisi.

Review Article

**ISTANBUL CARD APPLICATIONS IN CAR PARK SYSTEMS; EXAMPLE OF
ISPAK**

Abstract

Today, with intelligent tablets and devices, the computer has reached an upper level and our living standards are changing in this direction. We use payment systems, credit cards, debit cards and so on. It is part of our life. The growing population has brought smart city together safe alternative payment systems. The most important of these is the smart cards that will have more impact on our lives in the future. Smart cards, such as Istanbul, which play a major role in public transport in metropolitan and traffic-intensive cities, should also be used in the parking sector. Smart cards have a DES encryption scheme which we can say is more secure than credit cards and other debit cards. In addition, each smartcard has its own ID number, which is effective in collecting and using usage statistics left by customers using car parks. Smart cards are easy to use, high security, non-personal data-hungry, simple to refill, and difficult to break. For this reason, it is always one step ahead of cash and other cards to use as a payment tool in parking lots.

Keywords: Smart City, Smart Card, Smart Card Payment, NFC Technology.

* Received / Geliş tarihi: 12/02/2017

Accepted / Kabul tarihi: 20/06/2017

¹Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

ali.gungor@ispark.istanbul

1. GİRİŞ

Ülkemizde sanayinin ve ticaretin gelişmesi ile beraber, tarımla uğraşan kırsal kesimden sanayinin ve ticaretin geliştiği şehirlere göç başlamıştır. Bu göçün etkisi ile ülkemizde her dört kişiden üçü Cumhuriyetin ilk yıllarında kırsalda yaşarken, günümüzde şehirlerde yaşamaktadır. Şehirlerde artan nüfus yoğunluğu konut, altyapı, ulaşım, eğitim, sağlık, güvenlik, çevre ve enerji gibi alanlarda sorunları da beraberinde getirmiştir. Yerel idareciler, hem bu sorunları “akıllı”ca çözmeli hem de şehir halkına daha yaşanabilir şehirler sunmalıdır. Hızla gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri, daha yaşanabilir şehirler için “Akıllı Şehir” çözümleri sunar. Bu çözümler birbiri ile uyumlu, ihtiyaçlara hitap eden, mümkün olan en son teknolojileri kapsayan Akıllı Şehir sistemlerinden oluşur. Akıllı sistemlerin akıllı çözümler üretmesinin de tek yolu, her gün binlerce donanımdan toplanan "Büyük Verinin akıllı süreçlerden geçerek şehir halkına ve yöneticilerine katma değerli bir bilgiye dönüşmesidir.

Şehrin nüfusu arttıkça enerji, su, sağlık, barınma, ulaşım, haberleşme, güvenlik gibi yaşamsal ihtiyaçların artması; bu ihtiyaçları karşılayan kaynakların daha verimli kullanılması için akılcı stratejiler geliştirmeyi zorunlu kılmaktadır. Günümüzde bir yandan şehirlerin sorunlarını çözerek onları daha yaşanabilir hale getirmek amaçlanırken, diğer yandan insanların hayat kalitesini iyileştirecek “Akıllı Şehir” çözümleri önem kazanmaktadır.

İşte tamda bu noktada akıllı şehir kartları önemli bir role sahip olmaktadır. Gerek alışverişlerde, gerekse toplu taşıma, gerekse de parklanmada kullanılması oldukça prezantabl bir role sahiptir.

Parklanma tabiri son yıllarda ortaya çıkmış yeni bir kelimedir. Artan nüfus yoğunluğu beraberinde trafik ve park sorununu da getirmiştir. İnsanlar kolay parklanacakları alanlar ve sistemlere gereksinim duymaktadır. İstanbul'daki trafiğin %49 gibi bir rakamı park yeri arama veya parklanma ihtiyacı için duraklama gibi sebeplerden meydana gelmektedir. Bu tarz durumların yaşanmaması için akıllı şehir kartları ve uygun ödeme sistemleri bir arada müşteriye sunulması ve hizmet transferinin bedeli hızlı bir şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, dünya genelinde kentlerin yaşadığı önemli sorunlardan biri olan otopark hizmetlerinin etkin şekilde sunulması amacıyla kullanılan alternatif ödeme sistemlerinin ele alınması, İstanbul açısından İSPARK modellerinde İstanbul Kart kullanımı ve DES (Veri Şifreleme Standardı, Data Encryption Standard)'in getirdiği daha güvenilir yenilikler ile ürettiği değer araştırılmasıdır. Çalışma kapsamında yapılan, Kentiçi Otopark Hizmetlerinin Alternatif Ödeme Sistemleri ve İstanbul Kart Kullanımının Etkisi başlıklı anket çalışmasının sonuçları da çalışmanın son bölümünde paylaşılmıştır. Anket uygulaması kapsamında İstanbul ili içerisinde 100 sürücü ile anket yapılmıştır.

1.1 Akıllı Kart

İçinde bir işlemci ve/veya bellek birimi bulunduran, bir okuyucu ile eşleştiği zaman farklı uygulamalar için gerekli işlem gücüne sahip olabilen, plastik bir karttır (<http://www.dy.com.tr> Akıllı Kart, 2017).

Kontrollü erişim sağlayabilme özelliği sayesinde kişisel veya ticari bilgilerin uygun (yetkili) kişiler tarafından görülebilmesini sağlar. Veri taşıma, taşınan verinin güvenliği ve taşıma kolaylıkları nedeni ile her geçen gün çeşitlenen ve daha yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir.

2. OTOPARK SİSTEMLERİNİN AKILLI ŞEHİRLERE KATKI BAĞLAMINDA SİSTEMSEL DEĞİŞİM SÜRECİ

Teknolojinin otopark sektörüne uğramadığı dönemde otoparklar dip koçanlı fiş yöntemi veya girişte fiş alma çıkışta aynı fiş üzerinden ödeme yapma şeklinde yönetiliyordu.

21.yy da insanların her yaptığı hareket bir veri olarak toplanmakta ve çeşitli kurumlar tarafından işlenmekte, bu sayede her ürün ve hizmet üreticisi hedef kitlesini saptayabilmektedir. Bu durum geliştikçe local anlayıştan global anlayışa bir yönelme olmuş ve otomasyon tabanlı kurumlardan sonra akıllı şehircilik kavramı ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda otobüs, vapur, tren feribot gibi ulaşım araçları ve otoparklar önem kazanmıştır. Çünkü akıllı şehirciliğin en büyük opsiyonları bu unsurlardır. “Akıllı şehir” dediğimiz kavramda da en önemli etmenler ulaşım ve parklanmadır.

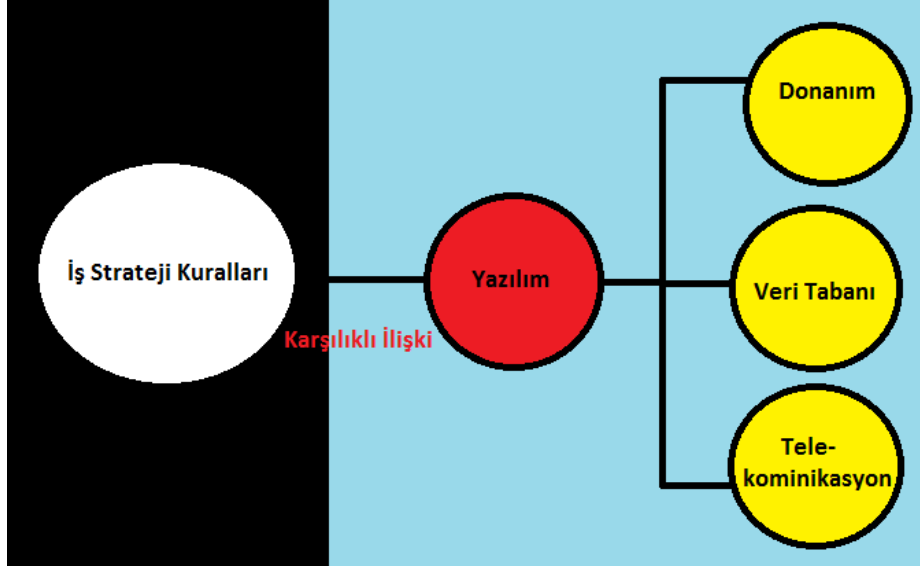
Otopark ve ulaşımında aynı kartın kullanılması veri bütünlüğü açısından oldukça önemlidir. Akıllı şehirlerin en büyük özellikleri kendilerine ait bir akıllı kartın olması ve kartın şehirdeki tüm aktivitelerde kullanılmasıdır.

Otopark sistemleri de bu gelişime ayak uydurmak için gerek donanım gerekse de yazılım anlamında değişikliklere uğramıştır. Dip koçanlı fişler yerine; el terminalleri, merkezden takip edilen bariyer sistemleri, otomatik ödeme gişeleri, dol-boş bilgisi gösteren mobil uygulamalar başlıca değişim süreçleridir (www.ispark.istanbul İSPARK, Haber Arşivi 2017).

2.1 Otopark Sistemlerinin Sayısal Firmaya Dönüşümü

Birikim ve belediye enformasyon tabanlı şehir ekonomileri, akıllı şehircilik kapsamında vatandaşın sunulan ve sunulması gereken yeni ürün ve hizmetler, üretken ve stratejik bir mal varlığı olarak bilgi birikimi, zaman üzerine kurulu şehir bazında kültürel teknolojik rekabet, daha kısa ürün döngü ömrü, kaotik ortam, çalışanların kısıtlı bilgi birikim havuzu, klasik otopark sistemlerinin sayısal bir firmaya dönüşmesinin başlıca etmenleridir. Bunlardan en önemlisi İSPARK’ın akıllı

şehircilik kapsamında büyük rol üstlenmiş olması veya üstlenmek zorunda olmasıdır.



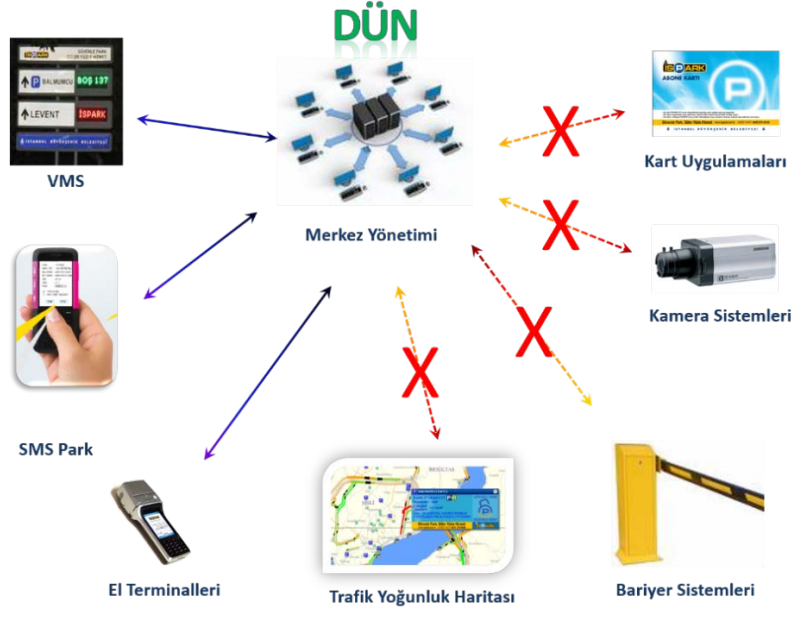
Şekil 1. Sayısal Firmaların Enformasyon Sistemleri Arasındaki Karşılıklı Bağımlılık

İSPARK'ın şekil 1'de olduğu gibi sayısal bir firmaya dönüşümü, İstanbul Kart uygulaması için donanımsal olarak alt yapıyı değiştirmek, sonrasında bu donanımları besleyecek günümüzde ki kurumsal sistemlerin diline uygun bir yazılımla beslemek ve bu sistemleri etkin kullanacak nitelikli personel yetiştirmekle başlamıştır.

2.2 Otopark Sistemlerinin Değişim Öncesi Sistemsel Yapısı

Herhangi bir kurumsal proje için İSPARK'ın sistemsel yapısı yeterli değildi. Veriler dağınık, ve birden fazla veri tabanının da tutuluyordu. Herhangi bir birimin veya işkolunun diğer paralel çalıştığı işkolu veya birimle sistemsel bağı yoktu. Donanımları günü kurtarmaya yeten, kombinasyon olarak birbiriyle çokta uyuşmayan ürünlerdi.

İSPARK birçok otopark lokasyonundan anlık olarak veri alamıyordu. Bu durum İSPARK'ın kurumsal mimariden çok uzak olduğunun bir göstergesiydi (İ.B.B. Faaliyet Raporu, 2015).



Şekil 2. Otopark Sistemleri İSPARK Değişim Öncesi Sistemsel Yapısı

Şekil 2.'de olduğu gibi kamera sistemleri, bariyer sistemleri, el terminali sistemleri gibi başlıca iş kollarının veri tabanları dağınık ve oldukça karışık. Saha da elde edilen veriler local olarak saklanıyor, gerektiğinde SQL serverlar ile alınabiliyordu. Bu sistemde bir yöneticiye detaylı bir rapor bile sunmak imkânsızdı.

Enformasyon sistemleri yalnızca teknolojiye ibaret değildir. İşletmeler, değer yaratmak ve karlılığı arttırmak için BS (Bilişim Sistemleri)'ne yatırım yaparlar. İSPARK gibi kamu iştiraki firmalar ise kaliteli ve halk odaklı hizmet için yatırım yaparlar. Fakat her iki kuruluş içinde bilgi teknolojileri iş ortamından kaynaklanan zorluklara karşı geliştirilmiş örgütsel ve yönetsel bir çözümdür. İSPARK'da bu çözüm için başta İstanbul kart uygulamasını hayat sokması için BT (Bilişim Teknolojileri) çözümlerini tercih etmiştir.

2.3 Otopark Sistemlerinin Kurumsal Entegrasyon Sistemlerine Uyum Stratejisi

İlk zamanlarda geleneksel kurum örneği sergileyen İSPARK mevcut yapısını tamamen değiştirerek günümüze uygun modern bir hale getirmiştir. Öncelikle sistem tarafındaki donanımları endüstriyel sunucular ile değiştiren İSPARK, güvenlik duvarında da sürüm yükseltme işlemine gitmiş, birimleri ve iş kollarını yeniden tanımlayarak iş süreçlerini belirlemiştir.

Ayrıca belirlenen bu iş süreçlerine ileride kurulacak bir çok kurumsal sistemlere fayda sağlaması açısından frekans değerleri atanmıştır.

Dağınık halde bulunan veri tabanını implementasyon işleminden sonra tek bir veri tabanı haline getirerek BigData (Büyük Veri) ve veri madenciliği gibi süreçlerin önünü açmıştır. İstanbul Kart ve diğer uygulamalar için düşünülen BI ve CRM gibi iş kollarının altını beslemiştir. Tüm bu değişiklikleri yaparken farklı türde teknolojileri barından kamu iştirak firmaları ile organize şekilde çalışmıştır.

2.4 İstanbul Kart Entegrasyonu İçin Gereken Altyapı Ve Donanım Değişiklikleri

Bir otopark sisteminin akıllı şehircilik kavramına katkı sağlayabilmesi ve kendi içinde veri madenciliği yaparak eksik ve negatif süreçlerini geliştirmesi için kullandığı donanımları akıllı şehir yapısına uygun olarak güncellemesi veya değiştirmesi gerekmektedir. Bu düşünce doğrultusunun bilincinde olan İSPARK, sahadaki tüm donanımları NFC özellikli sistemler ile değişmiş ve İstanbul Kartın kullanılabilmesi için teknolojik bağlamda bir altyapı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu topolojiyi aynı zamanda merkezi yönetim ve bulut sistemi ile desteklemiştir.

2.4.1 Saha Genelinde Yapılan Donanımsal Değişikler

İSPARK, mevcutta bulunan tüm otopark bilet verme makinelerini değiştirerek, İstanbul Kart yapısına uygun Mifare Desfire uyumlu kart okuyuculara sahip yeni nesil bilet verme makineleri (Parkmatik) ile değiştirmiştir. Toplamda 500 ün üzerinde otoparkda revizyona giden İSPARK tüm otoparklarında bu parkmatikleri kullanmıştır. Yeni nesil parkmatikleri müşteri davranışları ve İstanbul halkının kullanım kültürüne göre dizayn eden İSPARK, ileri teknoloji basitçe kullanılmayı hedeflemiştir. Bu düşüncenin altında yatan sebep ise; akıllı şehirlerin üst düzey teknolojilerden oluştuğu küçükten büyüğe herkesin kullandığı sistemler olduklarından dolayı kullanımlarının, çok kolay olması gerektiğidir.

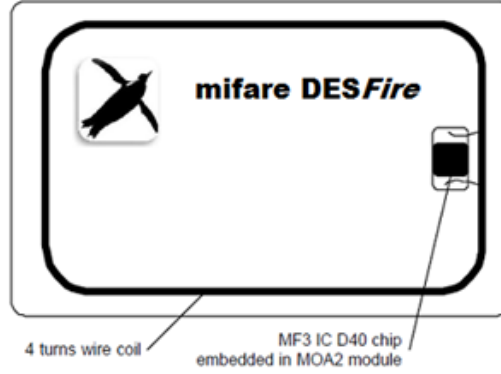
2.5 İstanbul Kart

İstanbul kart Mifare Desfire EV1 yapısına sahip bir akıllı karttır. İlk olarak seyahat amaçlı çıkarılan bu kart, günümüzde B2B (Business to Business) ve B2C (Business to Customer)'deki mobil ödeme sistemlerinin gelişimi, NFC teknolojilerinin etkin kullanımı sonucu rolünü arttırmıştır.

2.5.1 Mifare - Desfire Güvenlik Altyapısı ve EV1

İSPARK'ın altyapı haberleşme güvenliğinde kullandığı ve İstanbul Kart'ın üzerinde barındırdığı Mifare Desfire EV1 daha yüksek bir güvenlik seviyesine sahiptir. Mifare Desfire EV1 veri iletimini şifrelemek için 3DES donanım şifreleme motorunu kullanır. İstanbul Kart, 28 farklı uygulama ve uygulama başına 32 dosya

tutabilir (Alliance, 2013). Her dosyanın boyutu oluşturulma anında tanımlanır. Kart sahipleri temassız uygulama tecrübesini rahatça yaşarken, aynı zamanda aynı cihazı otomatlarda, erişim kontrol sistemlerinde ve benzeri uygulamalarda kullanma imkanına sahiptirler (First Data, 2010).



Şekil 3. Mifare - Desfire Güvenlik Altyapısı ve EV1

Şekil 3.'de gösterilen Mifare Desfire EV1 kartın arabirimleri ve şifreleme yöntemlerinin her ikisi için açık küresel standartlar temel alınmıştır. Söz konusu kart ISO / IEC 14443 A'nın tüm dört düzeyiyle uyumludur ve isteğe bağlı olarak ISO / IEC 7816-4 komutları da İstanbul Kart'larda kullanır (NFC Forum, 2011).

Buna ek olarak, işlem odaklı veri bütünlüğünü garanti altına alan, her dosya tipleri için bir anti-tear yapan bir mekanizması mevcuttur. Mifare Desfire EV1 ile 848 Kbit/s ile veri transfer hızına erişilebilir (Langer, 2008).

Çipin ana özellikleri Mifare Desfire'nin ilk evrimi olan Desfire EV1 isminde belirtilmiştir. DES yüksek güvenlik seviyesinin taahhütünü belirtir (<http://www.nfctags.com>, NFC Tags, 2017). Mifare Desfire EV1 iletişim veri güvenliğini sağlamak için bir DES, 2K3DES, 3K3DES ve AES donanım şifreleme motoru kullanır.

Bu algoritma (fonksiyon), k-bit vektörler anahtar uzayı K dan seçilen gizli anahtar K ile parametrize edilir.

Burada genel varsayım; gizli anahtar rastgele seçilir.

P ve C kümelerinin her birinin eleman sayısı 2 ise

Toplamda P yields \rightarrow C ye $C_p = 2n2n$ fonksiyonu vardır. Fakat 1-1 fonksiyon sayısı $2n!$ dir.

Her bir gizli anahtar $K \in \mathbb{K}$, bütün 1-1 fonksiyonların $K=2k$ tane arasından birini seçmek için kullanılır (Tagawa, 2013).

Bu fonksiyonun kullanılarak yapıldığı şifrelemeler, otoparklarda bulunan parkmatiklerde her bir işlem için local olarak parkmatığın içinde bulunan bir işlemci sayesinde yapılır. Ödeme veya parklanma verisi merkezi sisteme bu sayede DES

şifreli olarak gider ve merkezde şifre, veriyi gönderen parkmatığın doğrulama kodlarına göre çözümlenir ve işlenir. Mifare Desfire EV1 ile 848 Kbit/s ile veri transfer hızına erişilebilir.

Bu akıllı kartların temel özellikleri DESFire EV1 adıyla gösterilir: DES, veri iletimini şifrelemek için 3DES donanımlı şifreleme motorunu kullanarak yüksek düzeyli güvenliği sağlar. FIRE ise onun temassız proximity işlem piyasasında hızlı, yenilikçi, güvenilir ve daha üstün olduğu konumunu gösterir.

Bu yüzden, MIFARE DESFire EV1 son kullanıcılar için birçok fayda getirir. İstanbul Kart sahipleri temassız uygulama tecrübesini rahatça yaşarken, aynı zamanda aynı cihazı otomatlarda, erişim kontrol sistemlerinde ve benzeri uygulamalarda kullanma imkanına sahip olacaklardır. Diğer bir deyişle, MIFARE DESFire EV1 silikon çözümü güvenlik ve güvenilirlik ile birlikte geliştirilmiş tüketici dostu sistem tasarımı sunmaktadır. Bu özelliğinden dolayı akıllı şehirlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.5.3 Çalışma Şekli

Mifare Desfire EV1 temassız akıllı kart, birkaç dönüşlü bobine bağlı ve standard ISO akıllı kartına gömülü olup NXP MF3 IC D41 tabanlıdır. Aktarım protokolü ISO 14443-4 ile uyumludur. Desfire ISO7816-4 uyumlu APDU mesaj yapısını da destekler. Bu bir temassız data ve enerji iletimidir. Pile ihtiyaç bulunmamaktadır.

Mifare, haberleşme gibi bilgi gönderim ve alımını sağlayan anten ve bilgi depolamasını sağlayan, antene entegre çip (IC internal circuit) olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. IC; Segmentlere bölünmüş ve güvenlik mekanizmasını korumalı bir hafızaya sahip olup Access kontrol sistemlerinde kullanılmaktadır.

Mifare kartlar esnek, yüksek güvenliğe haiz, sivilist temassız plastik kartlardır. Bu kartların özelliği, mifare okuyuculara sinyal gönderen bir çipin kartın içine gömülü olmasıdır. Mifare kartların birçok kişi tarafından özellikle bilet ve düşük miktarlardaki finansal işlemlerde tercih etmesi bu tip kartların popüleritesini arttırmıştır. Mifare kartlar ISO/IEC 14443 norm ve standartları doğrultusunda 13.56 Mhz iletişim frekansına sahiptir. Diğer proximity kartlar gibi mifare kartta yaklaşık 10 cm lik okuyucu mesafesi sınırları içerisinde aktivasyon sağlamaktadır. Kart tarafından gönderilen kod okuyucu tarafından tanımlanır. Kart ve okuyucu arasında kurulan iletişim şifreli olması sebebiyle yüksek güvenlik özelliğine sahiptir (www.printplast.com Mifare Kart Teknolojileri, 2017).

2.5.4 Mifare – Desfire Kart Uygulama Alanları

Etkinlik Bileti– Mifare kartlar etkinlik bileti özelliği sayesinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. stadyum, fuar eğlence parkı giriş bileti gibi birçok benzer alanda kullanım olanağı sağlar.

Örneğin toplu Taşıma-Mifare kartlar toplu taşıma alanında bir devrim yaratmıştır. Çoklu uygulama özellikleri sayesinde kullanıcıların farklı istikametler ve alternatif toplu taşıma araçlarından yararlanmalarına olanak sağlar.

Sadakat uygulamaları kullanıcıları, kartlı alışverişlerinden indirimlere sahip olabilir, para puan toplayabilirler. Kullanıcı, kartı ile yapmış olduğu harcamalarından biriken puan ve para puanlarını sonraki harcamalarında kullanmak üzere kartlarında biriktirebilirler.

Kart kullanıcıları Oteller, Mağazalar, vs gibi farklı ödeme noktalarında hızlı ve güvenli ödemenin sunmuş olduğu rahatlık ve avantajlarından faydalanabilirler.

Şifrelendirilmiş Mifare kartlar, iş yeri çalışanları tarafından kartlı geçiş sistemlerinde kullanılabilir, kısıtlandırılmış alanlara giriş yetkisi sağlar, PC Network, data dosyaları, yazılım gibi sınırlı yetkilerle donatılmış güvenli alanlara giriş olanağı sağlar.

NFC uyumlu cihazlar aynı zamanda kart sahibine çeşitli oyun masaları ile kart arasındaki iletişimi sorunsuzca sağlar, kart kullanıcılarına kartına oyun skorlarını, kredilerini ve benzer işlemleri kolaylıkla depolamasına olanak verir.

3. OTOPARK SİSTEMLERİ VE İSTANBUL KART UYGULAMASI

İSPARK gerekli alt yapı, donanım ve yazılımsal değişiklikleri yaptıktan sonra İstanbul genelinde ulaşım başta olmak üzere birçok alanda kullanılan İstanbul akıllı kart uygulamasını bariyerli ve bariyersiz otoparklar bazında iki şekilde tasarlamıştır.

3.1 Bariyerli Otoparkların Entegrasyonu (Açık ve Kapalı)

İSPARK toplamda 118 adet bariyerli otoparka sahiptir. Bu otoparkların tamamında İstanbul kart uyumlu donanımlar kullanmıştır.

Bir parklanma sürecini tanımlamak gerekirse;

Müşteri otoparka giriş yaptığında bir bilet verme makinası ile karşılaşır. Üst düzey teknoloji kullanılarak tasarlanan bu makinada İstanbul Kart okuyucusu yer almaktadır.

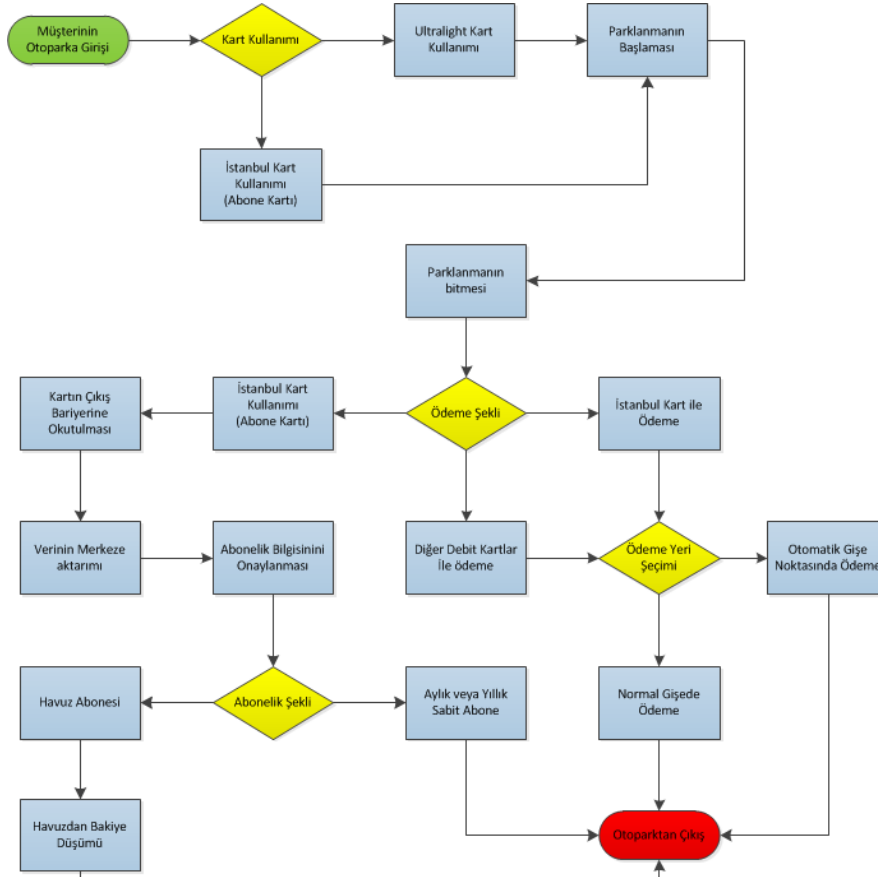
Abone olan müşteriler bilet almadan direkt olarak İstanbul kartını okutup otoparka giriş yapabilirler. Aynı şekilde çıkışta da İstanbul kartını okutarak çıkış yapabilirler. Abone olmayan bireysel müşteriler ise İstanbul kartını ödeme aracı olarak kullanabilmektedir;

- Müşteri giriş bilet verme makinasından bilet aldıktan otoparka giriş yapar.
- Parklanmayı tamamladıktan sonra otomatik gişeye gelir.
- Otomatik gişeye, giriş biletmatikten aldığı bileti verir.
- Müşteri karşısına çıkan ödeme tiplerinden İstanbul kartı seçer. Kartını otomatik gişede bulunan okuyucuya okutur ve ücreti karttan alınır.

- Gişeye, ödemesi İstanbul kart ile yapılan bileti müşteriye geri verir. Müşteri arabasına binip çıkış bariyer gişesine gelir.
- Ödemesini yaptığı bileti çıkış bilet yutmatığına verir. Yutmatik bileti yutar ve ödemesi yapılan biletin bariyerini açarak müşterinin çıkışını sağlar.

Otomatik gişelerde aynı zamanda İstanbul kart satım işlemi ve dolum işlemi yapılabilir.

Bariyerli Otoparkların EPC (Event Driven Process Chain) Diyagramına Göre İş Akış Şeması; Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Bariyerli Otoparkların EPC Diyagramına Göre İş Akış Şeması

3.2 Bariyersiz Otoparkların Entegrasyonu (Yol Üstü-Single Park)

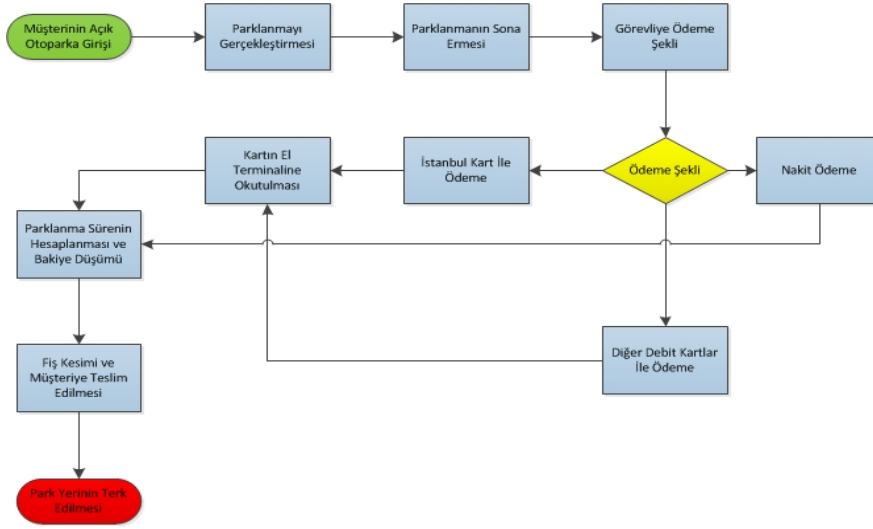
İSPARK hali hazırda bünyesinde 250 den fazla yol üstü otopark işletmektedir. Bu otoparklarda bulunan el terminalleri sayesinde sayısal işlemleri yürüten İSPARK,

İstanbul kart entegrasyonunu bu cihazlara da entegre etmiştir. Bu cihazların üzerinde bulunan okuyucular İstanbul kart yapısını desteklemektedir. Dolayısıyla merkezi yazılım üzerinden çalışan el terminallerine İstanbul kart projesi birkaç yazılımsal müdahale ile entegre edilmiştir. Şu anda aktif olarak 100 kadar cihazda denemeler devam etmektedir.

İş modellemesine bakılacak olursa;

Müşteriler yol üstü bir otopark kullandıklarında, parklanma öncesinde veya sonrasında İstanbul kart ile ödeme sağlayabilir. Bakiyesi yetersiz gelmeleri durumunda yine el terminalleri üzerinden ücret yüklemesi yapılabilir.

Bariyersiz Otoparkların EPC Diyagramına Göre İş Akış Şeması, Şekil 5.'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Bariyersiz Otoparkların EPC Diyagramına Göre İş Akış Şeması

4. SONUÇ

Mifare kartlar sağladıkları minimum işlem zamanı, dolandırıcılığın minimize edilmesi gibi sunmuş olduğu avantajlar sayesinde toplu taşımacılık, kartlı geçiş sistemleri ve elektronik cüzdan gibi uygulamaların yanı sıra otopark sektöründe de dünyada en fazla tercih edilen ve büyümeye devam eden sistem olmaktadır. Bu bağlamda İSPARK gibi otopark firmalarının İstanbul'un akıllı şehir olması için yapısal teknolojilerini bu doğrultuda kullanmaları oldukça stabil bir durumdur.

Akıllı kartların ulaşım sektörü ve diğer ödeme sistemlerinden sonra otoparklarda kullanılması, hem müşteri hem de kurum açısından kazan-kazan modeli oluşturmaktadır. Kullanımı basit, riski az, güvenliği yüksek, temini kolay olan bu kartların otoparklarda kullanımı şüphesiz İstanbul'da parklanmayı daha basit hale getirebilir, parklanma süresini düşürebilir ve trafiği olumlu yönde etkileyebilir.

Çalışma içerisinde İstanbul'da kentiçi otopark hizmetlerinin İstanbul Kart kullanımının park etme tercihleri ve tutumları üzerine etkisini tespit etmek amacıyla yapılan anket kapsamında; ankete katılan sürücülerin %87'si, günde 2-3 defa park ettiklerini, % 75'i bu parklanmayı 11-15 dakika içinde bitirdiklerini belirtmiştir. Bu sürelerin oldukça uzun olduğu dikkat çekmektedir.

Ankete katılan sürücülerden elde edilen bulgulardan bir diğeri sürücülerin %80'inin otoparklarda İstanbul Kart'ın kullanılmasını istemeleridir. Parklanmayı güvenli ve hızlı olması amacıyla uygulanan akıllı kart uygulamalarından sürücülerin %76'sı habersizdir. Sürücülerin %70'i, kullandıkları otopark alanlarının toplu ulaşım ağlarına yakın olması durumunda da İstanbul Kartı kullanarak park et devam et projesini kullanabileceklerini ifade etmiştir. Anket kapsamında sürücülerin %62'lik bir kısmı ücretli olan otopark hizmetlerinin sunulduğu yerlerde nakit veya kredi kartı ödeme sisteminin dışında NFC ile ödeme istediklerini belirtmiştir. İSPARK otoparklarından sürücülerin %83'ü mevcut ödeme sistemlerinin sürelerinden memnun olmadıklarını, %40'ı kısmen memnun olduklarını dile getirmiştir. Bunun yanı sıra sürücülerin %92'si İSPARK otopark alanlarını İstanbul Kart kullanılmasını kendilerine zaman kazandıracaklarını ve daha hızlı park edeceklerini belirtmiştir.

KAYNAKLAR

Alliance S.C., (2013), "Near Field Communication (NFC) and Transit: Applications, Technology and Implementation Considerations, USA, Smartcardalliance.

First Data, (2010), "Transit Payment Systems: A Case for Open Payments", Canada, Ligth House.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, *Faaliyet Raporu 2015*, İstanbul, Ak Kitap Evi.

Langer, G., (2008), "Near Field Communication based Mobile Payment System", Proceedings der 3. Konferenz Mobilität und Mobile Informations systeme, 2008, Oklahoma, PPC Development.

NFC Forum, (2011). "NFC in Public Transport, Wakefield: NFC Forum", New York, Someone PRC.

NFC Tag, "How to Select the Right NFC Tag", California, Huayuansh.

Tagawa, K., (2013). "The Four Essential Keys to a Winning NFC Solution", Wima, Monaco, Blue Bird.

<http://www.dy.com.tr> Akıllı Kart Teknolojisi Hakkında (Erişim Tarihi: 19.04.2017).

www.printplast.com Mifare Kart Teknolojileri (Erişim Tarihi: 21.04.2017).

www.ispark.istanbul İSPARK, 2015, *Haber Arşivi*, (Erişim Tarihi: 05.04.2017).

Tarama Makale

**VERİ VE AĞ GÜVENLİĞİ İÇİN UYGULAMA VE ANALİZ
ÇALIŞMALARI***

Ömer Faruk KAYA¹

Erdoğan Öztürk²

¹ İstanbul Ticaret Üniversitesi, Siber Güvenlik Yüksek Lisans Programı, İstanbul, Türkiye
omfaka@gmail.com
orcid.org/0000-0002-0851-0617

² İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Türkiye
eozturk@ticaret.edu.tr
orcid.org/0000-0003-1553-2619

Öz

Günümüzde artık bir yaşam biçimi haline alan bilgisayar dünyasında dosyaları, bilgileri özetle veriyi korumak en önemli konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle paylaşımlı ve halka açık iletişim sistemlerinde veri güvenliği daha da fazla önem arz etmektedir. Bir diğer önemli konu ise ağ güvenliğidir ki son kullanıcı ve merkez arası haberleşme protokolleri ile sağlanan haberleşme yöntemlerinde veriyi korumak hayati önem taşır. Ağ güvenliği tedbirleri verinin iletimi sırasında onun korunmasını esas alır. Bu çalışmada özellikle 150'ye yakın saha lokasyonu olan bir kamu kuruluşunda saha ile merkez arası network ve veri güvenliği ile merkezde bu alanda alınması gereken önlemlerin vurgulanması hedeflenmiştir. Ayrıca, İstanbulkart'ın İspark uygulamalarına entegrasyonu sırasında bu önlemlerin uygulanması ile ortaya çıkan güçlükler ve sonuçlar bu çalışma ile sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Siber Güvenlik, Ağ güvenliği, Veri Güvenliği.*

Review Article

**APPLICATION AND ANALYSIS STUDIES FOR DATA AND NETWORK
SECURITY**

Abstract

As the digital world emerges as a new lifestyle, protecting private data in this world turns out to be a very important topic. Especially for shared and public systems, data security poses much higher importance. Another important topic is network security and it is crucial to protect the data in communication between end user and the server via secure communication protocols. Network security measures are based on protecting the data during its communication. In this work, we emphasize the necessary precautions that is required for network and data security for a public institution that has more than 150 field locations. Furthermore, the challenges and results that occurred during İspark integration of İstanbulkart is presented in this work.

Keywords: Cyber Security, Network Security, Data Security.

* Received / Geliş tarihi: 08/02/2017

Accepted / Kabul tarihi: 20/06/2017

¹ Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

omfaka@gmail.com

1. GİRİŞ

Veri ve ağ güvenliği demek, bütün işyerleri, kamu ve üniversiteler dahil veri haberleşmelerini birbirine bağlı ağlar üzerinden yaptıklarından ortaya ortak bir ağın çıkmasıyla birbirine bağlı ağlar kavramı da ortaya çıkmaktadır. Bu durumda koruma, ağdaki bütün birimleri kapsar. Bilgiye ulaşımı sağlayan hizmetler (http,ftp,vb.) aynı zamanda zararlı hale gelebilir. Burada yapılması gereken zararı minimize etmektir. Dolayısıyla veri ve ağ güvenliğinde atılacak her bir adım için öncelikle korunması gereken varlıkların tespit edilmesi gerekmektedir.

1.1 Korunması Gereken Varlıklar

Bu bölümde veri güvenliğinin sağlanması için gereken varlıklar ele alınmaktadır.

1.1.1 Veriler

Verilerin güvenliği üç maddede özetlenebilir;

- **Gizlilik:** Verilerin başkaları tarafından görüntülenmesinin istenilmemesi,
- **Bütünlük:** Verilerin başkaları tarafından değiştirilmesi istenilmemesi,
- **Erişilebilirlik:** Verilerin istenildiği zaman ve mekandan ulaşılabilir ve kullanıma hazır olmasının istenmesi.

1.1.2 Kaynaklar

Kurum içindeki bilgisayarlardaki kaynaklara (hard disk, işlemci, bellek vb.) ulaşımın tamamen kısıtlanması gerekir. Aksi düşünülemez. Bunun sebebi erişim halinde öngörülemeyen boyutlarda güvenlik riskleri oluşturmasıdır.

1.1.3 Saygınlık

Kurumun saygınlığının gerçek hayatta olduğu gibi sanal ağ üzerinden de korunması gerekir. Herhangi bir veri sızıntısı veya hacking olayında kurumun karşılaşacağı itibar kaybı telafisi mümkün olmayan sonuçlar doğurabileceği gibi kurumun güvenliğini de derinden sarsacak bir durum oluşturur.

2. TEMEL BİLGİLER

Çalışmada, önceki başlıklarda bahsi geçen varlıkların korunması adına öncelikle bir güvenlik politikası oluşturmak ve geliştirmek zaruridir. En iyi güvenlik, kurumdaki merkez ve saha haberleşmelerini sağlayan ağ tasarımının sağlamlığı ve kişilerin erişilebilirlik yetkilerinin sınırlanması ile başlar. Kurumdaki güvenlik politikası güvenliğin en temel ögesidir. Bu politika ile korunmasına önem verilen veriler/varlıklar belirlenir. Bunu belirlemek adına öncelikle, hangi personelin nerde, ne zaman ve ne tür bir yetki ile donatılacağı soruları sorulmalıdır. Bu politika olabildiği kadar sade ve diğer çalışanlar tarafından anlaşılabilir olmalıdır.

Politikanın hazırlanıp kurum içi bilgilendirme yapıldıktan sonra yapılması gereken, kurulan networkü ve fiziksel cihazları (sunucular, modem, router, switchler vb.) iç

ve dış tehditlere karşı korumak olmalıdır. Bunun için de öncelikle varlıklarımıza karşı gelebilecek risklerin analizi yapılmalıdır.

3. RİSK ANALİZİ

Risk analizi korunacak varlıklarımızın ve potansiyel saldırıların belirlendiği süreçtir. Doğru risk analizinin yapılması önemli bir maddedir. Bu analizi sağlıklı yapabilmek adına bazı sorular sorulmalıdır.

- Korunacak varlıklar nelerdir?
- Varlıklarımızı nelerden korumalıyız?
- Gelecek bir zararda kuruma maliyeti ne olacaktır?
- Kimler saldırı düzenleyebilir?
- Yapılan saldırı sonucunda varlığımızın veya verinin bozulma/kaybolma olasılığı nedir?
- Kaybolan verinin geri yüklenmesi için harcanan maliyet ne olacaktır (Yedekleme Maliyeti)?

Bu gibi sorular veri ve ağ güvenliğinin sağlanmasında en önemli aşamayı oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, üstte sayılan tüm yöntemler uygulandıktan sonra kurum için kullanılan çeşitli metod ve yöntemlerle penetrasyon testleri ve sonuçları üzerinde bir çıkarım yapılmıştır. Öncelikle penetrasyon testi kavramı ve zafiyet tarama ile ilgili bilgi verildikten sonra bu çıkarımlar üzerinde bulunan açıkların raporlamasını yaparak açıkların kapatılması adına neler yapılması gerektiği gösterilecektir.

4. UYGULAMA

Bu bölümde penetrasyon testi çeşitleri ve özellikleri açıklanmıştır. Devamında uygulama ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Sonuç bölümde ise uygulama değerlendirmeleri ve sonuçlar tartışılmıştır.

4.1 Penetrasyon Testi

Temel olarak belirli güvenlik düzeyindeki ihlallerin bulunması ve ardından bu ihlallerin azaltılması, gereken adımların atılmasını sağlamak için var olan güvenlik mekanizmalarını denetleme ve bu mekanizmaları atlatma denemelerinden oluşur.

Veri ağları ve sistemlere saldıran kişilerin sayısı, bilgi ve becerisi, zamanı ve motivasyonu her zaman güvenlik uzmanlarının sahip olduğu zaman, bilgi ve motivasyonun üstündedir. Bilişim güvenliği temelde ikiye ayrılırsa bunun biri savunmacı güvenlik olarak adlandırılan korumacı güvenlik, diğeri de proaktif güvenliktir. Penetrasyon testi çalışmaları proaktif güvenlik anlayışının bir sonucudur.

4.2 Test Süreçleri

Penetrasyon testinin yapılması birkaç aşamadan oluşur. Bu test sayesinde dışarıdan saldırgan bakış açısıyla güvenlik açıklarının kontrolü ve raporlanması sağlanır. Sistemlerin kendi içlerindeki güvenlik tedbirleri çoğunlukla yeterli olmamakta ve önlemler güncelliğini koruyamamaktadır. Ayrıca kötü niyetli kişilerin sayısının artması ve bilgi düzeylerinin genellikle bir çok şirket çalışanından önde olması pentest'in önemini ortaya koymaktadır. Pentest bir şirketin bilişim sistemleri için iç ve dış tehditlere karşı güncel önlemler alınmasını ve zafiyetlerin giderilmesini sağlar. Bu sayede;

- Saldırıları karşı daha dirençli bir bilişim altyapısı oluşturulur.
- Kullanıcı bazlı olarak bilgi güvenliği farkındalığı artar.
- Sistemlerin durdurulma veya kaynak doldurmalar engellenir.
- Kurum prestijinin ve marka değerinin korunması sağlanır.

Bu test süreci veri ve ağ güvenliğinin altyapısını oluşturur. Aşağıda test bileşenleri ve kullanılan temel elemanlar açıklanmıştır.

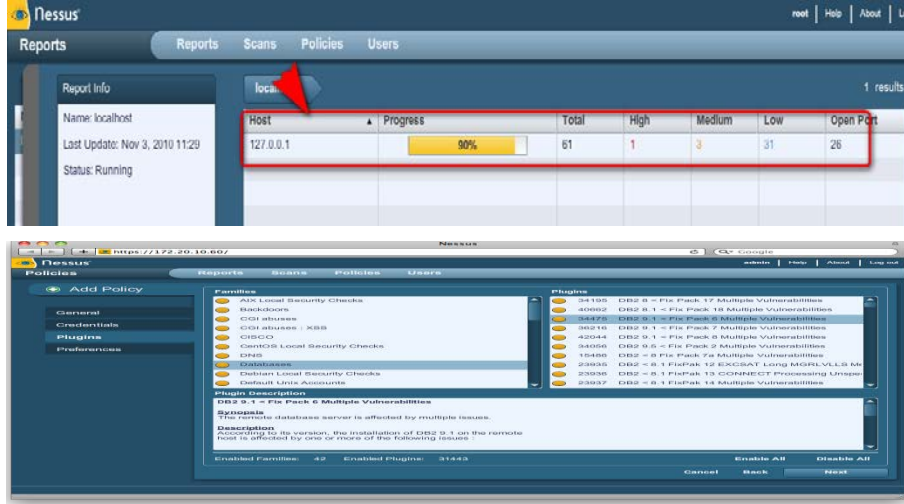
4.2.1 Zafiyet Tarama Süreci ve Kullanılan Temel Araçlar

Bu sürecin amacı belirlenen hedef sistemlerdeki açıklıkların ortaya çıkarılmasıdır. Bunun için sunucu servislerdeki bannerler ilk aşamada kullanılabilir. Ek olarak birden fazla zayıflık tarama aracı ile bu sistemler ayrı ayrı taranarak oluşabilecek false positive oranı düşürülmeye çalışılır.

Bu aşamada hedef sisteme zarar vermeyecek taramalar gerçekleştirilir. Zayıflık tarama sonuçları mutlaka uzman gözler tarafından tekrar tekrar incelenmeli, olduğu gibi rapora yazılmamalıdır. Otomatize zafiyet tarama araçlar ön tanımlı ayarlarıyla farklı portlarda çalışan servisleri tam olarak belirleyememektedir.

4.2.1.1 NESSUS

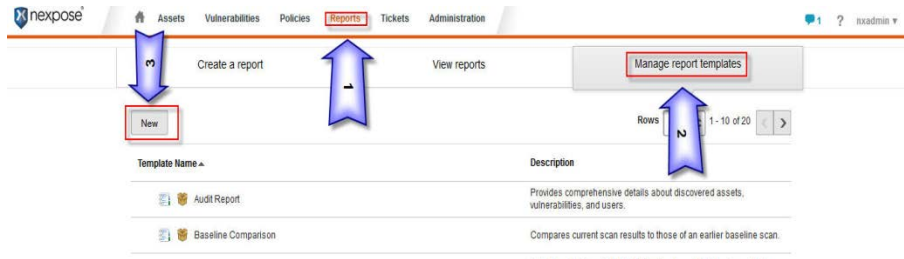
Güvenlik camiasının ilk açık kod zafiyet tarayıcılarından (bkz. Şekil 1). 3.x sürümüyle birlikte lisans modeli değişmiştir. Ücretsiz olarak ticari amaç harici kullanılabilir. Piyasadaki en iyi açıklık tarayıcılardan. Kendi açıklık tanımlama dili (NASL) sahiptir. Ashe (2004) , NESSUS kullanarak yapılan bir örnek çalışmayı anlatmaktadır.



Şekil 1. Nessus

4.2.1.2 NEXPOSE

Rapid7 için çalışan Nexpose tüm güvenlik açığı yönetimi yaşam döngüsünü desteklemeyi amaçlayan bir güvenlik tarayıcısıdır (bkz. Şekil 2). Keşif, tespit, doğrulama, risk sınıflandırması, etki analizi, raporlama ve hafifletme bölümlerini içerir (Soğukpınar (2010)).



Şekil 2. Nexpose

4.2.1.3 NETSPARKER

Netsparker tespit ve güvenlik açıklarından yararlanmayı da içeren bir web uygulama güvenliği tarayıcısıdır (bkz. Şekil 3). Başarılı bir istismar sonrası teyit edilen açıklıkları raporlar aksi halde bulduğunu test eder. Netsparker web sitesinde bu araç detaylı olarak anlatılmaktadır.



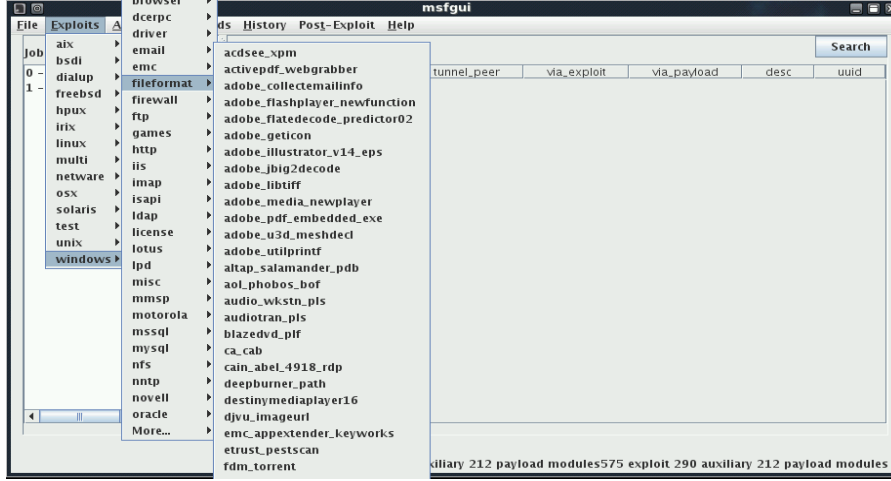
Şekil 3: Netsparker

4.2.2 Sızma Süreci ve Kullanılan Temel Araçlar

Belirlenen açıklıklar için POC kodları/araçları belirlenerek denemeler başlatılır. Açıklık için uygun araç yoksa ve imkan varsa ve test için yeterli kadar zaman verilmişse sıfırdan yazılır. Genellikle bu tip araçların yazımı için Python, Ruby gibi betik dilleri tercih edilir. Bu adımda dikkat edilmesi gereken en önemli husus çalıştırılacak exploitlerden önce mutlaka yazılı onay alınması ve mümkünse laboratuvar ortamlarında önceden denenmesidir.

4.2.2.1 METASPLOIT

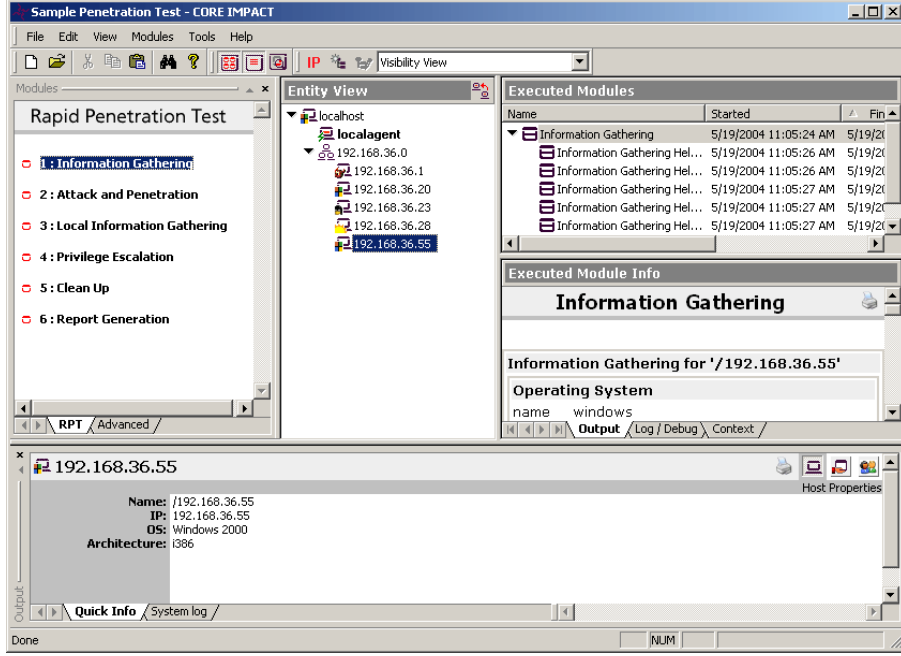
Açık kaynak kodlu exploit geliştirme ve çalıştırma aracı. 600~ civarı çalışan exploit barındırır (bkz. Şekil 4). Aux modülleriyle bilgi toplama, ağ keşfi gibi işlemler gerçekleştirilebilir. Web, GUI ve konsoldan çalıştırılabilir. Gelişmiş AV, IPS atlatma özelliklerine sahiptir. Bir güvenlikçinin mutlaka kullanması gereken araçların başında gelir. Rapid7 firması tarafından satın alınmıştır.



Şekil 4: Metasploit

4.2.2.2 CORE IMPACT

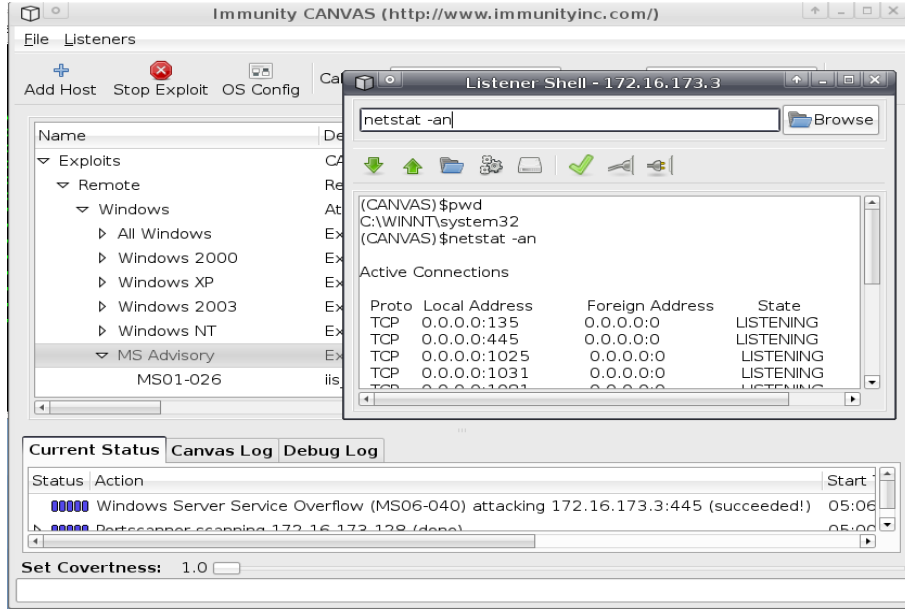
Pahalı olmasına rağmen yaygın olarak kullanılan en güçlü işleme aracı olarak kabul edilir (bkz. Şekil 5). Düzenli güncellenen veritabanı sayesinde profesyonel exploitler yaparak diğer makinalara kurduğu tünel sayesinde onları rahatlıkla exploit edebilir (Soğukpınar (2010)).



Şekil 5: Core Impact

4.2.2.3 IMMUNITY CANVAS

Ticari bir tool'dur. 370'den fazla exploit içerir. Core Impact ve Metasploit'in ücretli sürümünden daha ucuzdur. Full kaynak kodu ile ve bazen de zero day açıklık bilgileri ile gelir (bkz. Şekil 6). Önal (2010) da yazar bu araç hakkında detaylı bilgi vermektedir.



Şekil 6: Immunity Canvas

4.2.2.4 SQLMAP

SQL injection'ları tespit eden ve kusurları istismar ederek arak uç Veritabanı sunucularına erişimi sağlayan açık kaynaklı penetrasyon aracıdır (bkz. Şekil 7). Out of band yoluyla işletim komutları DB'den veri getiriyor hatta temel dosya sistemine erişim sağlıyor (Soğukpınar (2010)).

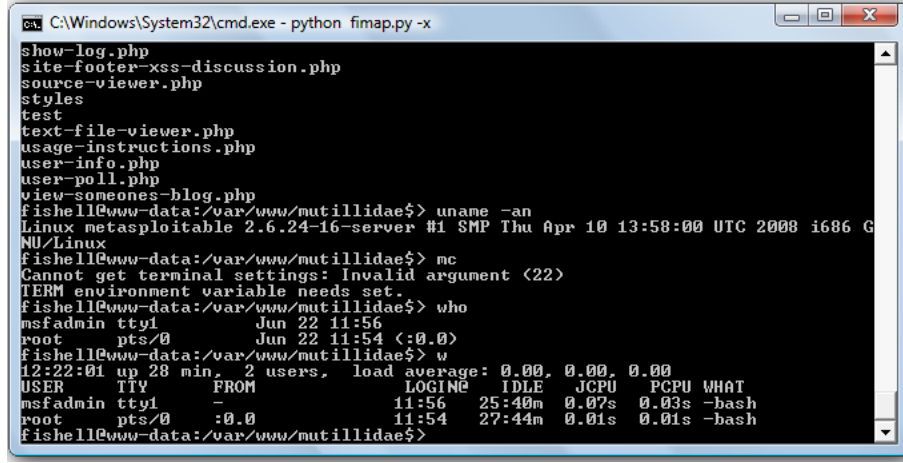


Şekil 7: SqlMap

4.2.2.5 FIMAP

Fimap bir python aracıdır. Bu araç, bulur, hazırlar, denetimi yapar, istismar eder ve webapps'lerdeki bug'ları bulur (bkz. Şekil 8). Sqlmap'e benzer, farkı LFI / RFI bugları bulmasıdır.

Önal (2010) da yazar bu araç hakkında detaylı bilgi vermektedir.



```
C:\Windows\System32\cmd.exe - python fimap.py -x
show-log.php
site-footer-xss-discussion.php
source-viewer.php
styles
test
text-file-viewer.php
usage-instructions.php
user-info.php
user-poll.php
view-someones-blog.php
fishell@www-data:/var/www/mutillidae$> uname -an
Linux metasploitable 2.6.24-16-server #1 SMP Thu Apr 10 13:50:00 UTC 2008 i686 GNU/Linux
fishell@www-data:/var/www/mutillidae$> mc
Cannot get terminal settings: Invalid argument <22>
TERM environment variable needs set.
fishell@www-data:/var/www/mutillidae$> who
msfadmin ttty1 Jun 22 11:56
root pts/0 Jun 22 11:54 (:0.0)
fishell@www-data:/var/www/mutillidae$> w
12:22:01 up 28 min, 2 users, load average: 0.00, 0.00, 0.00
USER TTY FROM LOGIN# IDLE JCPU PCPU WHAT
msfadmin ttty1 - 11:56 25:40m 0.07s 0.03s -bash
root pts/0 :0.0 11:54 27:44m 0.01s 0.01s -bash
fishell@www-data:/var/www/mutillidae$>
```

Şekil 8: FIMAP

4.2.3 Şifre Kırma Süreci ve Kullanılan Temel Araçlar

Şifre ve parolalar siber dünyanın en zayıf halkalarından biridir. Tek bir parola tüm güvenlik sistemlerini devre dışı bırakarak sistemin ele geçirilmesine sebep olabilir. Parola(şifre) kırma yöntemleri

- Online parola(şifre) kırma (Aktif)
- Offline parola(şifre) kırma (Pasif)

Aşağıda şifre kırma sürecinde kullanılan yöntemlerle ilgili bilgiler verilmiştir.

4.2.3.1 MEDUSA

Ağ üzerindeki servislere yönelik (http, telnet, ssh, ftp gibi) aktif parola kırma aracıdır (bkz. Şekil 9). Farklı portlarda çalışan servisler için port ayarı yapılabilir. Paralel saldırı düzenleme seçeneği vardır. Ağ bağlantısına ve servisin durumuna göre hızı değişmektedir.

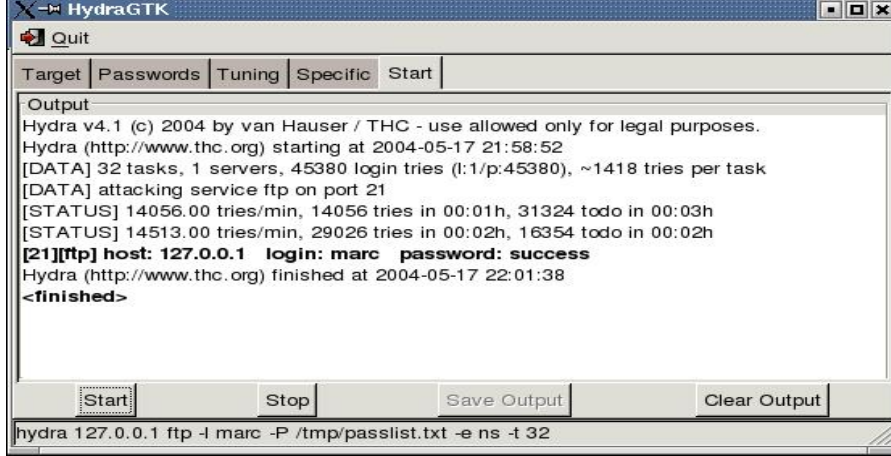

```
root@cyblabs:~# medusa
Medusa v2.0 [http://www.foofus.net] (C) JoMo-Kun / Foofus Networks <jmk@foofus.net>
ALERT: Host information must be supplied.

Syntax: Medusa [-h host|-H file] [-u username|-U file] [-p password|-P file] [-C file] -M module [OPT]
-h [TEXT]      : Target hostname or IP address
-H [FILE]     : File containing target hostnames or IP addresses
-u [TEXT]     : Username to test
-U [FILE]     : File containing usernames to test
-p [TEXT]     : Password to test
-P [FILE]     : File containing passwords to test
-C [FILE]     : File containing combo entries. See README for more information.
-o [FILE]     : File to append log information to
-e [n/s/ns]   : Additional password checks ([n] No Password, [s] Password = Username)
-M [TEXT]     : Name of the module to execute (without the .mod extension)
-m [TEXT]     : Parameter to pass to the module. This can be passed multiple times with a
                different parameter each time and they will all be sent to the module (i.e.
                -m Param1 -m Param2, etc.)
-d           : Dump all known modules
-n [NUM]     : Use for non-default TCP port number
```

Şekil 9: Medusa

4.2.3.2 HYDRA

Paralel ağ servisleri parola denetim(kırma) aracıdır (bkz. Şekil 10). Konsol ve grafik arabirimden çalıştırılabilir. Hesap kitleme riski vardır. 30'dan fazla protokole karşı (telnet, ftp, http, https, smb vb.) brute force ataklarda kullanılır.



Şekil 10: Hydra

4.2.3.3 JOHN THE RIPPER

Pasif şifre kırma(denetim) aracıdır (bkz. Şekil 11). Bilgi toplama vs sonrası ele geçirilen hashlenmiş parola dosyalarını kırmak için kullanılır. Yeni nesil Linux parolaları (Sha512 kullanılmış) JTR kırmak için ufak bir yama gerekir (Soğukpınar (2010)).

```
$ john passwd
Created directory: /home/david/.john
Loaded 3 password hashes with 3 different salts (Traditional DES [64/64 BS MMX])
homer          (homer)
123456         (root)
```

Şekil 11: John The Ripper

4.2.4 Web Uygulama Güvenlik Testleri ve Kullanılan Temel Araçlar

Siber dünyanın yeni gözdesi web uygulamalarıdır. Her yazılan kod ayrı bir güvenlik riski oluşturur. Henüz oturmuş bir yazılım geliştirme standardının olmaması sebebiyle çeşitli güvenlik açıklıkları bulunmaktadır. Gartner'a göre zafiyetlerin %75'i web uygulamalarında, güvenlik için harcanan paranın %90 ağ güvenliği üzerine olmaktadır.

4.2.4.1 NIKTO

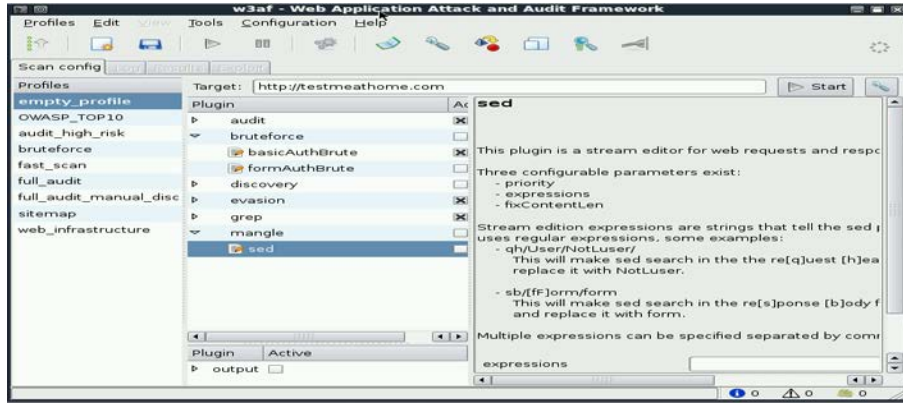
Statik web açıklık tarayıcısıdır (bkz. Şekil 12). Aynı zamanda ilk web açıklık tarayıcılarından. Güvenlik açıklığı barındıran web sunucu yazılımları, test, dev. gibi yanlışlıkla unutulmuş dosyaları, yapılandırma hatalarını bulmak için kullanılır. Nessus entegrasyonu vardır. Günümüz uygulamaları için yeterli değildir (Soğukpınar (2010)).

```
root@bt:~/pentest/scanners/nikto# perl nikto.pl -h http://localhost
- Nikto v2.1.2
-----
+ Target IP:      127.0.0.1
+ Target Hostname: localhost
+ Target Port:    80
+ Start Time:    2010-11-04 05:11:19
-----
+ Server: Apache/2.2.9 (Ubuntu) PHP/5.2.6-bt0 with Suhosin-Patch
+ ETag header found on server, inode: 139083, size: 45, mtime: 0x46af3f103d500
+ Number of sections in the version string differ from those in the database, the server reports: apache/2.2.9 while the database has: 2.2.15. This may cause false positives.
+ Number of sections in the version string differ from those in the database, the server reports: php/5.2.6-bt0 while the database has: 5.3.2. This may cause false positives.
+ PHP/5.2.6-bt0 appears to be outdated (current is at least 5.3.2)
+ Allowed HTTP Methods: GET, HEAD, POST, OPTIONS, TRACE
+ OSVDB-877: HTTP TRACE method is active, suggesting the host is vulnerable to XST
```

Şekil 12: Nikto

4.2.4.2 W3AF

Web uygulamasını açıklıklarını bulmada son derece popüler, güçlü ve esnek bir araçtır (bkz. Şekil 13). Kullanımı kolay bir ara yüze sahiptir. Birçok web değerlendirme özellikleriyle istismar eklentilerinin gelişiminde kullanılmaktadır.



Şekil 13: W3AF

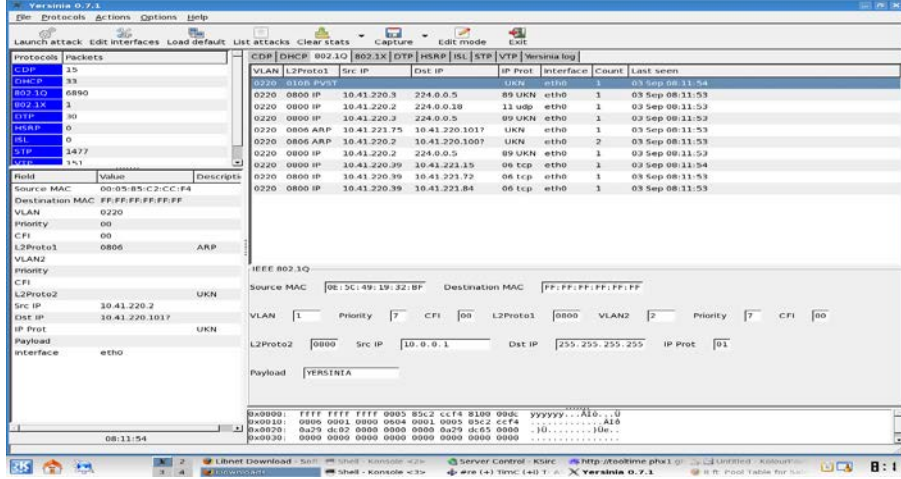
4.2.5 Yerel Ağ Protokolleri Güvenlik Testleri Süreci ve Kullanılan Temel Araçlar

Yerel ağ protokolleri güvenlik testleri genellikle önemsiz ya da ikinci plana atılır. Yerel ağ saldırılarını sağlıklı olarak test edecek yazılım eksikliği “Yersinia” ile sık kullanılan LAN protokollerini test amaçlı “Ettercap” araçları kullanılır.

4.2.5.1 YERSINIA

Bu araç ile birlikte kullanılan protokoller; (bkz. Şekil 14).

- Spanning Tree Protocol (STP)
- Cisco Discovery Protocol (CDP)
- Dynamic Trunking Protocol (DTP)
- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)
- Hot Standby Router Protocol (HSRP)
- IEEE 802.1Q
- IEEE 802.1X
- Inter-Switch Link Protocol (ISL)
- VLAN Trunking Protocol (VTP)



Şekil 14: Yersinia

4.2.5.2 ETTERCAP

Yerel ağlarda araya girme, bilgi çalma ve dos yapmak için kullanılan gelişmiş bir araçtır (bkz. Şekil 15). MITM için çeşitli yöntemler kullanır. Bu yöntemler;

- ARP poisoning
- ICMP Redirect
- Port Stealing
- DHCP spoofing



Şekil 15: Ettercap

4.3 Zafiyet Tespit Araçlarının Artıları/Eksileri

Bu araçlar her zaman kesin sonuç vermezler. Yanıltabilme payları yüksektir. Bulunan her zafiyetin varlığının fiziksel olarak test edilmesi doğru sonuca götürür. Doğru sonuç almak için birden çok araç kullanmak gerekir. Zafiyet tespit etmek için en doğru araç seçilmelidir. Yanlış ürün ile doğru sonuç alınmaz. Hacking evresine yön verir.

4.4 Sonuç/Result

Tüm bu bilgiler ışığında uygulama sonuçları aşağıda tartışılmıştır. Test süreçleri ve ilgili raporlamalar aşağıda yer almaktadır.

4.4.1 Penetrasyon Testi Raporlama Süreci

Penetrasyon testinin ardından yapılacak raporlama sürecinde işlemlerimizi adım adım yaparak öncelikle süreci değerlendirmek en doğru yoldur.

1.Adım: Sistem Güvenliği Ana Hatları

- Ağ düzeyinde proaktif penetrasyon Testi yapılacak tüm aygıtlar listelenir. Sistem güvenliğini sağlayan protokoller, prosesler, ağ bileşenleri, ara birimler ve güvenlik gereksinimleri araştırıldı.

2.Adım: Sistem Zayıflık İncelemesi

- Ağ ve sistemlerde bulunan potansiyel zayıflıklar araştırıldı. 1. Adımda elde edilen bilgiler doğrultusunda potansiyel zayıflık araştırmaları ve saldırı planı geliştirildi. Potansiyel ağ altyapısı zayıflıkları ve eksiklikleri tespit edildi.

3.Adım: Zayıflık Değerlendirmesi

- Ağ haritası çıkarıldı ve 2. Adımdaki tüm bileşenlerde bulunan zayıflıklar değerlendirildi. Hedef analizi sonrası hangi bileşenlere, sistemlere hangi protokollerle saldırılacağı belirlendi.

4.Adım: Araç Analizi

- Araştırma, inceleme ve değerlendirme süreçleri sonrası söz konusu senaryolar için hangi araçların kullanılacağına listesi çıkarıldı.

5.Adım: Penetrasyon Saldırıları

- 4.Adımda belirlenen araçlar ve 3. Adımda belirlenen saldırı senaryosu kullanılarak penetrasyon saldırıları düzenlendi. Bu saldırılar sonucu başarılı olanlar sınıflandırıldı.

6.Adım: Zayıflık Analizi

- Ortaya çıkan zayıflıkların analizi yapılarak ortaya çıkabilecek ek zayıflıklar ve aksiyonlar göz önüne alınarak riskin minimize edilmesi sağlandı. Zayıflıklar arası bağlantılar olup olmadığı risk grubuna göre gözlenir.

7.Adım: Geri Bildirim Süreci

- Sistem güvenlik veritabanı, zayıflık veritabanı ve araçlar düzenlenerek raporlama aşamasına geçildi.

4.4.2 Bulgu Önem Dereceleri

Ağ ve sistemlerde bulunabilecek riskler çeşitli kategorilerde sınıflandırılır. Aşağıda bu risk sınıflandırmalar ve yol açabileceği zararlar ışığında sonuç raporun önem derecesi belirlenir.

Acil Risk Sınıfı

Sistemin bütünlüğünü tehdit eden tarzda saldırılar bu sınıfta görülür. Bu sınıfta bulunan zayıflıklar saldırganın en çabuk şekilde sistemlere erişmesini sağlar. Niteliksiz saldırganlar dahi bu zayıflıklarla sistemlere erişim sağlayabilirler.

Kritik Risk Sınıfı

Bu sınıflandırma sistemde bulunan belli sınıftaki verilere dış ağdan erişim sağlar. Saldırganın sistemleri tamamen ele geçirmesi ile sonuçlanabilecek saldırılara sebep olan açıklıklardır.

Yüksek Risk Sınıfı

Yüksek risk derecesindeki zayıflıklar sistemden bazı kritik bilgi edinme ile sonuçlanabilecek saldırıları tanımlar. Ayrıca yerel ağdan ya da sunucular üzerinden hak yükseltmeyle sonuçlanacak saldırılara sebep olabilirler.

Orta Risk Sınıfı

Yerel ağdan veya sunucu üzerinden gerçekleştirilebilecek, hizmet dışı bırakma, servis engelleme ile sonuçlanan saldırılara sebep olan açıklıklardır.

Düşük Risk Sınıfı

Sistem ile ilgili bilgilerin deşifre edilmesi veya sistem, ağ üzerinde çalışan riskli bir servisin haberdar edilmesi amacıyla kullanılır. Bu sınıfta yer alan sistem ve ağ ile ilgili yöneticilerin haberdar olması için belirtilir. Bu bilgiler ışığında sıkılaştırma (hardening) çalışmaları yapılması gerekir.

5. DEĞERLENDİRME

Son olarak yukarıdaki bilgiler toplanıp zayıflıklar listelenmiştir (bkz. Şekil 16). Daha sonra da bu zayıflıkların giderilmesi adına çözüm önerileri uygulanmıştır. Sonuç olarak uygulanan çözümün söz konusu zayıflığı ortadan kaldırdığı görülmüştür. Örnek olarak, düşük düzeyde bir zayıflığı ele alacak olursak (bkz. Şekil 16), kullanılan web sunucusunun http başlığı kullanılarak yukarıdaki yöntemlerden uygun olanının kullanılması suretiyle şirket içerisindeki iç IP ifşası mümkün olabilmektedir. Web sunucusu iç ip adreslerini dışarıdaki kullanıcılara ifşa etmektedir. Bu tarz bilgi edinme temelli zayıflıklar saldırganlara iç ağ hakkında bilgi edinme şansı tanımaktadır.

Bu sorunun çözümü olarak yapılması gereken basit bir güncellemenin yeterli olacağı görülmüştür (bkz. Tablo 1). Yama güncellemesi yapıldığı takdirde bu ifşanın önüne geçileceği görülmüştür.

Zayıflık	Bulgu Önem Derecesi
Web Server Dizin Listeme Zayıflığı	Orta
Dışarıya Açık HP Procurve Yönetim Paneli Zayıflığı	Orta
Şifrelenmeden İletilen Web Tabanlı Kimlik Doğrulama Zayıflığı	Orta
Web Otomatik Şifre Tamamlama Zayıflığı	Düşük
Hatalı Tasarlanmış Captcha Kullanımı	Orta
Apache Web Server Çoklu Zayıflıklar	Acil
PHP Çoklu Zayıflıklar	Acil
PHPmyadmin BBcode Tag XSS Zayıflığı	Yüksek
Web Sunucusu HTTP Başlığı İç IP İfşası	Düşük
Dışarıya Açık Kritik Servisler	Orta
Apache Tomcat JSP Varsayılan	Orta

Şekil 16: Zayıflıkların Bulgu Önem Derecesi

Zayıflık	Bulgu Önem Derecesi
VMware ESXi File Descriptors Zayıflığı	Yüksek
VMware ESXi NFC Trafiği Servis Engelleme Zayıflığı	Yüksek
Desteklenmeyen İşletim Sistemi Debian Sarge	Yüksek
Yetkisiz Kritik Dosya Erişimi Zayıflığı	Yüksek
Yapılandırma Sorunu / Zararlı Yazılım / Desteklenmeyen İşletim Sistemi Windows	Acil
MySQL Çoklu Zayıflıklar	Yüksek
ProFTPD Race Condition Zayıflığı	Orta
Nginx Web Server DoS ve Bilgi Edinme Zayıflığı	Yüksek

Şekil 17: Zayıflıkların Bulgu Önem Derecesi

Tablo 1: Web Sunucusu HTTP Başlığı İç IP İfşası

Web Sunucusu HTTP Başlığı İç IP İfşası	
Kullanıcı Profili	Genel Kullanıcı
Erişim Noktası	Kurum Dış Ağı
Önem Derecesi	Düşük
Etkisi	Kurum iç ağı ile ilgili bilgi edinme
Açıklama	Web sunucusu iç ip adreslerini dışarıdaki kullanıcılara ifşa etmektedir. Bu tarz bilgi edinme temelli zayıflıklar saldırganlara iç ağ hakkında bilgi edinme şansı tanımaktadır.
Çözüm	Aşağıda yer alan Microsoft bültenleri yardımıyla sorun çözümlenebilir; http://support.microsoft.com/default.aspx?scid=kb;EN-US;Q218180 http://support.microsoft.com/default.aspx?scid=kb;EN-US;Q834141
Bulgunun tespit edildiği bileşenler	IP/URL: http://..., Port: /tcp.../tcp, Sistem: Windows

6. SONUÇ ve GELECEK ÇALIŞMALAR

Sonuç olarak, yapılan tüm araştırmalar ve testler verinin ve varlıkların korunmasının önemini gözler önüne seriyor. Yapılandırılan kurum ağı, merkez ve saha arasındaki veri iletişiminin sürdürülebilirliği ne kadar önemliyse bu verinin güvenliğini sağlamak da aynı oran da önemlidir. Bu çalışmada ağıımızdaki tehditler, önem derecelerine göre farklı araçlarla tespit edilerek çözüm konusunda uygun prosedürler uygulandı ve tehdit bertaraf edildi. Bu çalışma farklı kurumlar için de planlanıyor. Aynı şekilde yapılacak yöntemlerle farklı illerde farklı kurum ve kuruluşlara danışmanlık verilmesi planlanıyor.

Hali hazırda çalışmış olduğum kurumumda (İspark A.Ş.) her yıl düzenli olarak bu testleri yapmaktayız. Özellikle Metasploit ve Coreimpact yöntemlerini kullanarak kullanıcı bilgisayarlarındaki zafiyetlerve sistemde oluşturduğu etkiyi görmüş oluyoruz. İlave olarak da çeşitli güvenlik firmalarının inhouse denilen yerel yazılımlarından da istifade ederek güvenlik seviyemizi üst seviyede tutmaya çalışıyoruz. Aynı yöntemi yakın zamanda tüm İspark otoparklarının İstanbul Kart ile çalışmaya başlamasıyla arttırarak devam edeceğiz. Zira İstanbul Kart entegrasyonu ile İspark otoparkına araçlarını park edenler yoluna toplu taşıma araçları ile ve indirimli olarak devam edebilecekler. Bu hizmeti sağlarken İstanbul Kart operasyonunu yürüten yine İBB şirketi Belbim A.Ş. ile ortak entegrasyon ve güvenlik çalışmaları yaparak kullanıma başlanmasından sonraki güvenlik açıkları ihtimallerini tespit ediyoruz. Daha sonra da bu ihtimaller üzerinden gerekli tedbirleri alarak hizmete başlamış olacağız ve sonrasında sahadaki uygulamaya göre güvenlik tedbirlerimizi sık sık tekrarlayacağız. İstanbul Kart en fazla 20 Milyon insan tarafından kullanır düşüncesiyle yukarıda bahsettiğim araçları kullanmaya devam edeceğiz ve bu minvalde eksiklerimiz varsa da onları görmüş olacağız. Bu konuya önem veriyoruz çünkü bir İstanbullunun dediği gibi, “Benim 7 Özel Aracım var ama 1 Tane Anahtarım Var o da İstanbul Kart”.

KAYNAKLAR

Ashe, J. P., (2004), “A Vulnerability Assessment of the East Tennessee State University Administrative Computer Network”, East Tennessee State University, Electronic Theses and Dissertations. Paper 858. <http://dc.etsu.edu/etd/858>

Önal, H., (2010), Güvenlik Testlerinde Açık Kodlu Araçların Kullanımı. Bilgi Güvenliği Akademisi. 04.07.2016, <http://www.bga.com.tr/>

Soğukpınar, İ., (2010), Veri ve Ağ Güvenliği Ders Notları, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

<https://www.netsparker.com/>. [15.06.2017].

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 yayın, yazım ve etik 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 makalelerin etik kurallara uygun hazırlanması, Ulusal ve uluslararası geçerli etik kurallarına uygun yazılmış olması ve ihtiyaç varsa etik kurul raporlarının alınmış olması gereklidir.
 4. 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.
 - Yazı hakkındaki değerlendirme, yazar(lar)a en kısa zamanda hakem raporlarıyla birlikte iletilir.
 - Yazılar olumlu hakem görüşleri alındıktan sonra Editöre sunulur.
 - Yazıların dergide yayımlanması konusunda son karar Editöre aittir.
 - Dergide yayımlanan yazılar ayrıca elektronik ortamda aşağıdaki adreste de yayımlanır.
- <http://www.ticaret.edu.tr/tr/Sayfa/Akademik/İstanbulTicaretUniversitesiYayinlari/İstanbulTicaretUniversitesiFenBilimleriDergisi>
5. 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 ve etik kurallara uygunluğu taahhüt etmek zorundadır.
 6. Dergiye basılmak üzere gönderilen yazılar, yayımlansın veya yayımlanmasın yazarına geri gönderilmez.
 7. Dergide yayımlanan yazılardaki görüşler ve bu konudaki sorumluluk yazarına veya yazarlarına aittir.

8. 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.
9. Derginin bir sayısında bir yazarın birden fazla yazısı yayımlanmaz. Ancak ortak çalışma ürünü olan ve birden çok yazarlı çalışmalarda bu koşul aranmaz, Editör görüşü doğrultusunda değerlendirilir.
10. Üniversitemiz bünyesindeki enstitülerde tamamlanan, uygun yüksek lisans veya doktora tezlerinden üretilen makaleler de Dergide işlemekte olan hakem sürecinden geçmek şartıyla yayımlanabilir.

YAZIM KURALLARI

1. Dergimize gönderilen makalelerde “Araştırma ve Yayın Etiği” ilkelerine mutlaka uyulmalıdır.
2. Yazılar Microsoft Windows Word 6.0 veya daha üst programda, “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 ortalı olarak, 12 punto koyu yazılmalıdır (Büyük harf).
 - Başlığın alt ve sol tarafında yazarın ismi 10 punto koyu verilmelidir.
 - Yazarın bağlı bulunduğu kuruluş ve unvanı yazar adlarının altında 8 punto olarak verilmelidir.
 - Türkçe ve İngilizce olarak yazılmış 100-150 kelimelik özler 8 punto olarak verilmelidir. Öz 2. sayfaya taşmamalıdır. Makale metni 2. sayfadan başlamalıdır.
 - Öz’ün üzerindeki başlık Öz’ün hemen üstünde, Öz’ün dilinde ve 10 punto olarak verilmelidir.
 - Öz’ün altlarında anahtar kelimeler (keywords) 8 punto koyu ve italik olarak belirtilmelidir.
4. Giriş ve Sonuç kısımları dahil, yazının tüm bölümleri ve başlıkları numaralandırılmalı ve koyu yazılmalıdır.
5. 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.
6. 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)
 - Gönderme yapılan kaynaklar birden fazla ise alfabetik olarak (Dinçkol, 1986; Lalik, 1998; Oğuz, 1997)
 - Bir Kurum'un veya Grup'un eseri olan yayınlara ilk defa yapılacak bir atf 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)
7. Makalede bulunması gereken ve makalenin sonuna eklenecek **KAYNAKLAR**'da yazarlar soyadlarına göre alfabetik olarak sıralanmalıdır.
8. Çalışmanın içeriğinde gösterilmemiş bir kaynak esere kaynaklarda yer verilmemelidir.
9. Bir yazarın aynı yıl içinde yapmış olduğu birden fazla çalışması kaynaklarda yer alacaksa, yayım tarihinden sonra “a,b,c” gibi ibareler konulmalıdır. (1992 / a) (1992 / b)
10. Kaynaklar 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., (edts), 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.
Seferoğlu, 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.\(sitenin adı\)](http://www.(sitenin_adi)). [gün, ay, yıl, web;]

NOT: Dergimize yayımlanmak üzere makale gönderecek yazarların, yukarıda verilen yazım ve etik kurallarına uymaları zorunludur. Yazıya yazar ya da yazarların adresleri ve e-posta adresleri de eklenmelidir. Yazının elektronik ortamdaki “.doc” veya “.docx” uzantılı kaydı, dergi adresine elektronik posta yoluyla gönderilmek zorundadır.

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

<http://dergipark.gov.tr/ticaretfbd>

Adres /Address

İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi

Küçükyalı E-5 Kavşağı İnönü Cad. No:4

34840 Küçükyalı-İSTANBUL

Tel:(+90) 216 489 18 88 (3141) Fax: (+90) 216 489 02 69

ISSN: 1305-7820

E-ISSN: 2587-165X

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) : _____

Sunulan makalenin sayfa sayısı : _____
Number of pages

Makalenin sunulduğu tarih : _____
Submission date

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

Makaleyi sunan yazarın imzası : _____
Signature of the corresponding author

Forma ulaşmak için <http://www.ticaret.edu.tr/uploads/dosyalar/2014/2014924153251108.pdf>
To obtain form