

ISSN: 2148-2225

alpha numeric

The Journal of
Operations Research, Statistics,
Econometrics and Management Information Systems

Volume 3

Issue 2

2015

Peer Reviewed International Journal

<http://www.alphanumericjournal.com/>

This page intentionally left blank

ALPHANUMERIC JOURNAL

Volume 3, Issue 2, 2015

*The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and
Management Information Systems*

Editors

Bahadır Fatih YILDIRIM

bahadirfyildirim@alphanumericjournal.com

Sultan KUZU

sultankuzu@alphanumericjournal.com

Production Editor

Hüseyin BURGAZOĞLU

h.burgazoglu@alphanumericjournal.com

ISSN 2148-2225

<http://www.alphanumericjournal.com/>

<http://dergipark.ulabim.gov.tr/alphanumeric>



**Alphanumeric Journal is a “Peer-Reviewed
International Journal”.**

The journal is semiannually published

in June and December.

This page intentionally left blank

ALPHANUMERIC JOURNAL

Volume 3, Issue 2, 2015

EDITORIAL BOARD

A. Neyran ORHUNBİLGE	Istanbul University	Mehpare TİMOR	Istanbul University
Bilge ACAR BOLAT	Istanbul University	Miguel Angel Bautista Martin	University of Barcelona
Burak GÜRİŞ	Istanbul University	Mustafa CAN	Istanbul University
Cavit YEŞİLYURT	Kafkas University	Mustafa GÜNEŞ	Gediz University
Cengiz KAHRAMAN	Istanbul Technical University	Nazif ÇALIŞ	Adiyaman University
Coşkun HAMZAÇEBİ	Karadeniz Technical University	Neslihan FİDAN	Istanbul University
Çiğdem ARICIGİL ÇILAN	Istanbul University	Nezih Metin ÖZMUTAF	Izmir Katip Celebi University
Dilek ALTAŞ	Marmara University	Nihat TAŞ	Istanbul University
Emine Ebru AKSOY	Gazi University	Oğuz AKBİLGİÇ	University of Tennessee
Emrah ÖNDER	Istanbul University	Ötüken SENER	Kafkas University
Erdoğan ÖZTÜRK	Suleyman Demirel University	Özgür ÇAKIR	Marmara University
Ergün EROĞLU	Istanbul University	Özlem KUVAT	Balikesir University
Erhan ÖZDEMİR	Istanbul University	Rauf NİŞEL	Marmara University
Esmâ Nur ÇİNİCİOĞLU	Istanbul University	Reşat KASAP	Gazi University
Eyüp CETİN	Istanbul University	Sadi Evren ŞEKER	Istanbul Medeniyet University
H. Öner ESEN	Istanbul University	Seda TOLUN	Istanbul University
Hacer YUMURTACI AYDOĞMUŞ	Akdeniz University	Selahattin GÜRİŞ	Marmara University
Hakan DEMİRGİL	Suleyman Demirel University	Selim BAŞAR	Ataturk University
Halim KAZAN	Istanbul University	Seung Hyun BAEK	Hanyang University
Hamdi EMEÇ	Dokuz Eylul University	Seyhan NİŞEL	Istanbul University
İbrahim GÜNGÖR	Akdeniz University	Sinan SARAÇLI	Afyon Kocatepe University
İlker Murat AR	Karadeniz Technical University	Şakir ESNAF	Istanbul University
İrfan ERTUĞRUL	Pamukkale University	Şebnem AKAL	Marmara University
İsmet GÖÇER	Adnan Menderes University	Şebnem ER	University of Cape Town
Koorosh Gharehbaghi	RMIT University	Sona MARDİKYAN	Bogazici University
L. Sinem SARUL	Istanbul University	Timur KESKİNTÜRK	Istanbul University
M. Erdal BALABAN	Istanbul University	Tunçhan CURA	Istanbul University
M. Vedat PAZARLIOĞLU	Dokuz Eylul University	U. Tuğba ŞİMŞEK GÜRİSOY	Istanbul University
Mahmut ERDOĞAN	Gumushane University	Vincent F. YU	National Taiwan University of Science and Technology
Mahmut ZORTUK	Dumlupınar University	Yeliz YALÇIN	Gazi University

This page intentionally left blank

ALPHANUMERIC JOURNAL

Volume 3, Issue 2, 2015

CONTENTS

- 001-012** Performance Evaluation In Family Physician: The Application Of TOPSIS Multi-Criteria Decision Making Method
Aile Hekimliği Performans Değerlemesinin TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Belirlenmesi
Engin KARAMAN, Halim KAZAN
- 013-026** Cellular Manufacturing Systems: Organization, Trends And Innovative Methods
Hücresel Üretim Sistemleri: Yapı, Eğilimler ve Yenilikçi Yöntemler
Attila İŞLİER
- 027-034** Comparison of Periodic-Review Inventory Control Policies In A Serial Supply Chain
Seri Tedarik Zincirinde Periyodik Stok Kontrol Politikalarının Karşılaştırılması
Nihan KABADAYI, Timur KESKİNTÜRK
- 035-040** Determinants of Mobile Penetration to Forecast New Broadband Adoption: OECD Case
Yeni Geniş Bant Adaptasyonunu Tahminlemede Mobil Penetrasyonun Belirleyicileri: OECD Örneği
Lütfü ŞAĞBANŞUA, Osman ŞAHİN, Muhterem ÇÖL
- 041-048** A Bayesian Approach Proposal For Inventory Cost And Demand Forecasting
Envanter Maliyeti ve Talep Tahmini için Bayes Yaklaşımı Önerisi
Sinan APAK
- 049-056** Modified Exponential Type Estimator for Population Mean Using Auxiliary Variables in Stratified Random Sampling
Tabakalı Rasgele Örneklemede Yardımcı Değişkenler Kullanarak Kitle Ortalaması İçin Değiştirilmiş Üstel Tip Tahmin Edici
Gamze ÖZEL
- 057-064** Mobile Phones As Distracting Tools In The Classroom: College Students Perspective
Sınıf İçerisinde Dikkat Dağıtma Aracı Olarak Cep Telefonları: Üniversite Öğrencilerinin Bakış Açısı
Naciye Güliz UĞUR, Tuğba KOÇ
- 065-072** A Comparison Of Artificial Neural Networks And Multiple Linear Regression Models As Predictors Of Discard Rates In
Plastic Injection Molding
Plastik Enjeksiyon Kalıplamada Iskarta Oranı Tahmininde Yapay Sinir Ağları Ve Çoklu Doğrusal Regresyon Modellerin
Karşılaştırılması
Vesile Sinem ARIKAN KARGI
- 073-082** Some Robust Estimation Methods And Their Applications
Bazı Robust Tahmin Yöntemleri Ve Uygulamaları
Tolga ZAMAN, Kamil ALAKUŞ

ALPHANUMERIC JOURNAL

Volume 3, Issue 2, 2015

CONTENTS

083-092

A New Approach To Fine Kinney Method And An Implementation Study

Fine Kinney Metodunda Yeni Bir Yaklaşım Ve Bir Uygulama Çalışması

Murat OTURAKÇI, Cansu DAĞSUYU, Ali KOKANGÜL

093-098

Labor Practices In China And Its Effect On The Country's Economy

Çin'de İşçi Uygulamaları ve Ülke Ekonomisi Üzerindeki Etkileri

Ali SOYLU

099-106

Proposal Of A Two-Stage Model For Measuring The Port Efficiency And An Implication On Turkish Ports

Liman Etkinliği Ölçümünde İki Aşamalı Bir Model Önerisi ve Türk Limanları Üzerinde Bir Uygulama

Samet GÜNER

107-112

The Examination Of Relationship Between Foreign Direct Investments And Carbondioxide Emissions In Turkey With ARDL Approach

Türkiye'de Doğrudan Yabancı Yatırımlar ile Karbondioksit Emisyonu Arasındaki ilişkinin ARDL Yaklaşımı ile Araştırılması

Muammer YAYLALI, Ebul Muhsin DOĞAN, Vildan Merve YILMAZ, Zeynep KARACA

113-120

Forecasting Turkish Informatics Valley via Computerised Argument Delphi Technique

Türkiye Bilişim Vadisinin Bilgisayarlı Argüman Delfi Yöntemi İle Öngörülmesi

Enes EMEN, Ercan SALMAN, Gönül SEKENDUR, Sadi Evren ŞEKER

121-130

The Investigation Of The Factors Affecting On The Prices Of Real Estates In Samsun Via Hedonic Price Model

Samsun İli Konut Fiyatlarını Etkileyen Faktörlerin Hedonik Fiyat Modeli İle İncelenmesi

Hasan BULUT, Yüksel ÖNER, Ebrucan İSLAMOĞLU

131-138

Time Series Analysis And Forecasting For Air Pollution In Ankara: A Box-Jenkins Approach

Ankara'daki Hava Kirliliği İçin Zaman Serileri Analizi ve Tahmin: Box-Jenkins Yaklaşımı

Duygu TURGUT, İzzettin TEMİZ

139-152

Outliers in Survival Analysis

Yaşam Çözümlemesinde Aykırı Değerler

Durdu KARASOY, Nuray TUNCER

153-168

A Dynamic Performance Management Model

Dinamik Bir Performans Yönetim Modeli

Banu ÖZKESER, Arzu UZUN



2015.03.02.OR.01

PERFORMANCE EVALUATION IN FAMILY PHYSICIAN: THE APPLICATION OF TOPSIS MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHOD

Engin KARAMAN*

Halim KAZAN†

Ph.D. Candidate., Istanbul University, İstanbul

Prof. Dr., Faculty of Economics, Department of Business, Istanbul University, İstanbul

Received: 09 September 2015

Accepted: 18 December 2015

Abstract

In this study, a performance analysis was carried out for the Family Practice application offered to the public by the Ministry of Health. Performance management serves a different purpose in public sectors which provide service in accordance with the principle of social benefit rather than of a profit-loss relationship in comparison with private sectors. Main objective herein is to improve the quality of the service offered to the public in terms of such criteria as efficacy, efficiency and productivity. In this study, the performances of 12 Family Practice units carrying on business in Alaca district of Corum in the months of the year of 2012 were converted into a single score indicating the general performance level with the help of the TOPSIS method among the Multi-Criteria Decision Making Techniques through the data of 8 criteria and such units were put into order in this regard and their performances were compared. At the end of the study, the proximity values (C_i) of the units according to the ideal solution they have received for 12 months were averaged and rated on a yearly basis. According to the average of C_i scores, the performances of 4 units were founded to be successful whereas 5 units displayed normal performance and the performance of 3 units were decided to be ineffective.

Keywords: Family, Practice, Performance Evaluation, TOPSIS, Multi-Criteria Decision Making.

Jel Code: C19, C44, I18

AİLE HEKİMLİĞİ PERFORMANS DEĞERLEMESİNİN TOPSIS ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

Özet

Bu çalışmada Sağlık Bakanlığı tarafından halka sunulan Aile Hekimliği uygulamasının performans analizi yapılmıştır. Kar-zarar ilişkisinden çok toplumsal fayda ilkesine göre hizmet üreten kamu sektörlerinde, performans yönetimi özel sektörlerde göre farklı bir amaca hizmet etmektedir. Temel hedef halka sunulan hizmet kalitesini etkinlik, etkililik ve verimlilik kriterleri ekseninde geliştirmektir. Bu çalışmada Çorum ili Alaca ilçesinde faaliyet gösteren 12 Aile Hekimliği biriminin 2012 yılına ait aylardaki performansları, 8 adet kriter verileri üzerinden Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden TOPSIS yöntemi ile genel performans gösteren tek bir puana çevrilmiş ve birimler arasında sıralama yapılarak, performansları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda birimlerin 12 ay boyunca aldıkları ideal çözüme göre yakınlık değerleri (C_i)'nin ortalaması alınarak yıllık bazda bir sıralama oluşturulmuştur. C_i puanlarının ortalamasına göre, 4 birimin performansları başarılı bulunurken, 5 birim normal performans göstermiş, 3 birimin performansının ise başarısız olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Aile, Performans Değerlendirme, TOPSIS, Çok Kriterli Karar Verme

Jel Kodu : C19, C44, I18

* e-karaman99@hotmail.com (Corresponding author)

† halimkazan@gmail.com

1. INTRODUCTION

An ideal health system consists of personal care, primary health services, secondary health services and tertiary health services. When we apply this rating to the units providing health services, primary health services, secondary health services and tertiary health services cover the services offered respectively in family practices, general hospitals and private branches and university hospitals. It is a fundamental application to express these services in a well-functioning health system as a pyramid which narrows upwardly.

According to Tuzer and Gorpelioglu, such pyramid has almost been in an inverted state in our country in terms of the service delivery. It was calculated that the problems of about 90% of the people applying to our hospitals could indeed be solved in the primary health service [1].

It is thought that the most common way to receive and benefit from the health services would be possible with the reinforcement of the primary health services in all countries as well as making them more efficient. In this way, it is intended to increase the life qualities and health standards of the people [2].

Within the scope of these objectives, the Ministry of Health put the application of Family Practice system which was started to be implemented in two pilot cities (Duzce and Eskisehir) of our country in 2006 and currently has spread across the country into force.

Family Practice is an academic and scientific discipline and a clinical specialty which has its own curriculum, researches and evidence-based clinical applications and focuses on primary health services [3].

Ersoy defines an ideal Family Physician as “A doctor who is able to follow each individual from birth till death, to provide consultancy either in sickness or health, be closely acquainted with his/her personal characteristics as well as the environment in which s/he lives in and to solve 90% of his/her health problems in the first application by means of combining such advantage with the education received” [4].

As is in all working areas, the determination and identification of the weaknesses and inefficient aspects of the system have great importance also in the Family Practice application. In this way, the quality of the system is improved and its regeneration is ensured. Performance measurement is one of the key elements in the progression of this process.

Performance is a quantitatively and qualitatively explicable concept which is observed as a result of intentional and planned activities. Efficiency in service and productivity and economy in production express the performance in general sense [5].

The measurement and evaluation of the performance in the public sector differ from the private sector organizations in terms of structure. The public sector applies a performance evaluation based on social benefit as compared with the private sector whose objective depends completely on optimization.

One of the institutions commencing the performance applications in the field of public management is the Ministry of Health. In addition to the existing wages policy, the Ministry of Health started the application of additional payment out of the working capital income at the beginning of 2004 in order to put the performance-based charging into practice in the public sector [6].

The performance criteria of the Ministry of Health were developed by the natural payment methods in the Family Practice system as well. Such criteria were determined to be referring rate, pregnant follow-up, vaccine success rate, the number of patients who are subject to the mobile service and baby follow-up rate [7] and the method of deduction at the rate of failure of the planned application was adopted instead of providing premium over the realization number of the performances.

The current application is to reward the unit indirectly which achieves the expected performance instead of achieving more performances without subjecting to any deduction, rather than evaluating the number of the work performed, by means of evaluating the success percentage calculated over the rate of performed work to the stipulated work.

In this study, the performances of 12 Family Practice units carrying on business in Alaca district of Corum and each of which include 2 physicians in the months of the year of 2012 were converted into a single score indicating the general performance level with the help of the TOPSIS method among the Multi-Criteria Decision Making Techniques through 8 criteria specified in the relevant legislation of the Ministry of Health and the units were put in order and their performances were compared. The total score of the monthly performance obtained in the last analysis were averaged and the general rating of the year of 2012 was obtained in this way. Furthermore, the average of each month was determined and the comparison of each unit one by one with the average of such month was shown on a graphic. The units whose performances were required to be rewarded and who need to be arranged were identified with the help of such averages.

There are many performance evaluation studies in the field of health services; however, the first TOPSIS method to be included in the literature will be used in this study. The performance method of the Ministry of Health used in the Family Practice application is to offer a contingent reinforcer by means of making deduction instead of

rewarding. In this method, not the unit who exhibit more performance but the unit who satisfy the expectation in the least is deemed to be successful. The TOPSIS method, on the other hand, performs a relative evaluation among the units and identifies the units who are closest to the ideal solution and subjects the units to a inter-rating. In this way, the units whose performances are poor can be identified and arrangement-improvement attempts can be developed for them.

2. LITERATURE REVIEW

The first examples of the evaluations observed for the performances of the personnel taking charge in organizations in a systematic and formal way were seen to be in the institutions providing public services in the U.S.A at the beginning of 1900's. The concept of performance evaluation was started to be used in the organizations in a scientific manner as a result of measurement of the employees by F. Taylor in terms of efficiency with the help of work measurement applications [8].

Performance measurement can be defined as a method of determining the performance of individuals, organisations, services or processes [9] as a means of assessing efficiency and effectiveness of action and to assess the alignment of the organisations' activities with its strategy and vision/mission statement.

Since the 1980s, organizational changes aimed at improving performance in a changing environment have been a permanent management concern. Reflecting such concern, performance measurement and evaluation became the subject of practical research aimed at addressing the operational concerns of management. Some organizations have responded to these operational concerns through radical re-engineering efforts. Others, in more stable organizational environments, have either resisted to external pressures, or adopted a slower pace to change. Manufacturing organizations were the first to realize that focusing the performance measurement only on financial measures was not enough to maintain effective performance in global markets. This lead to an increasing emphasis on non-financial aspects of organizational performance [10]. Some services organizations followed the lead of manufacturing organizations with regard to emphasizing the non-financial aspects of performance. Thus, they began to utilize performance measurement systems and approaches similar to that of their manufacturing counterparts [11, 12, 13, 14, 15]. In the process, some service specific performance measurement approaches were offered [16, 17, 18, 19]. Public sector organizations, due to political pressures in the form of the New Public Management initiatives [20] are beginning to slowly adopt the

performance measurement approaches utilized in the private sector [21, 22, 23].

The objective in the health system is to provide a quality and accessible service. Therefore, performance has become an efficient method used in quality improvement. According the World Health Organization (WHO) [24], there are various methods in the performance measurements for hospitals; these are classified as the regulatory inspections, researches based of patient experiences, the evaluations performed by independent institutions and statistical indications.

The publications with regard to the performance evaluation in the health sector in Turkey are getting attention more despite of the fact that there is limited number of publications on this respect. Tengilimoglu and Toygar [25] examined PATH Project (Performance Assessment Tool for Quality Improvement in Hospitals) which had been released to public by European Regional Office in 2003 and whose usage became more and more common in Europe. Kılıc [2] studied the performances of the Family Practice applications in Duzce which is the first pilot city in Turkey in his thesis and stated his views and gave recommendations on this regard depending on the data obtained. Aksoy [26] on the other hand, subjected the performances of the physicians of Medical Faculty taking charge in Ankara to Data Envelopment Analysis and founded out statistically significant differences between the averages of the outputs provided by the physician groups whose technical performances were low and high. Erkan [27] explained the scope and functioning of the performance based additional payment system being applied by the Ministry of Health, analyzed and interpreted its results and dealt with the criticisms in relation with such system.

In the literature review conducted, no research was founded out that the performance evaluation in the health system had been undertaken with the help of the TOPSIS method. This study is expected to make contributions to the Family Practice performance evaluation as it is the first study on this regard.

3. DATA AND METHODOLOGY USED IN THE STUDY

In the study, the performances of the Family Physicians taking charge outside of the pilot areas were measured. In order to carry out the application, the Family Physicians' performance evaluation data of the year of 2012 indicated on the website of Corum Community Health Directorate was used [28]. Abovementioned data were scored with the help of the TOPSIS method which is one of the multi-criteria decision making techniques and such scores were compared and contrasted with each other and then a rating was constituted.

3.1. TOPSIS Method

Yoon and Hwang (1981) have developed TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method based on the idea of selecting the shortest distance from positive ideal solution (PIS) and the most distant alternatives from negative ideal solution (NIS). Method has been adopted by ZELENY (1982) and Hall (1989) and developed by Yoon (1987) and Hwang, Lai and Liu (1994). In TOPSIS method, while PIS is solution point in which the benefit is maximum and cost is the lowest, NIS states the solution point in which benefit is the lowest and cost is maximum. TOPSIS method is based on the idea that not only the one which is in the closest distance to positive ideal solution among the most favourite alternatives but also the one which is in the farthest distance to negative ideal solution is alternative. Single nominative variable used in the method is factor weights [29].

TOPSIS method includes a solution process consisting of 6 steps. Aforesaid steps are as follows [30].

Step 1: Creation of Decision Matrix (A)

While decision points, whose superiority is desired to be ranked, take place in decision matrix rows, evaluation factors to be used in the decision-making take place in its columns. Matrix A is the initial matrix created by decision-maker. Decision matrix is shown as follows:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

m gives the number of decision points and n gives the number of evaluation factors in A_{ij} matrix.

Step 2: Creation of Normalized Decision Matrix (R)

Normalized Decision Matrix is calculated by benefitting from elements of matrix A and using the following formula [31].

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

Matrix R can be obtained as follows:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

Step 3: Creation of Weighted Standard Decision Matrix (V)

First of all, weight degrees (w_i) related to evaluation factors are determined, ($\sum w_i = 1$).

Then elements in each column of matrix R are multiplied with the relevant w_i value and matrix V is created. Matrix V is given below:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

Step 4: Creation of Ideal (A^+) and Negative Ideal (A^-) Solutions

In this stage, maximum and minimum values in each column of weighted matrix are determined.

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} \quad (\text{maximum values})$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (\text{minimum values})$$

Step 5: Calculation of Distance Measurements Between Alternatives

Following the identification of ideal points, distance values to maximum and minimum ideal points are calculated with the help of the following formula in 5th step.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

Number of S_i^+ and S_i^- to be calculated naturally will be equal to the number of decision points.

Step 6: Calculating the proximity relevant to the ideal solution

Ideal and negative ideal distinction measures are used for calculating the proximity (C_i^+) relative to the ideal solution of each decision point. The measure used is the part of the negative ideal distinction measure into the total distinction measure. Calculating the proximity value relative to the ideal solution is shown in the formula mentioned below: [32].

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (4)$$

C_i^+ value is in $0 \leq C_i^+ \leq 1$ interval, and $C_i^+ = 1$ shows the absolute proximity of the relevant decision point to the ideal solution and $C_i^+ = 0$ shows the absolute proximity of the relevant decision point to the negative ideal solution.

Finally the values obtained designate the importance order of the decision points (alternatives) by ranging in order of magnitude.

3.2. Criteria Used For the Study

The purpose of this study is to measure the performance of Family Practice units by means of 8 criteria specified within the document which was named as Performance Calculating Method for Family Practice Application and 2th version of which was published in 2007 by the Ministry of Health in Turkey. These criteria are mentioned below:

a) Registered Population: In the calculation of the payments which are made to the family physicians working in the units, 2167 TL is paid up to the first 1000 person and 1.4418 TL is paid per registered person exceeding this number (“1237 numbered Registration of the Ministry of Health”)

b) Vaccine Performance: The vaccines below mentioned are taken into consideration in the performance calculation.

Number of BCG vaccines inoculated: For tuberculosis protection, the effective treatment of the patient suffering from the tuberculosis, prevention of contamination, BCG vaccination and methods of protection with medicine are used. It is applied to the babies who turned 2 month [33].

Number of TDAP vaccines inoculated: It is also known as 5 in 1 combination vaccine. It immunizes against the diphtheria, pertussis, tetanus, poliomyelitis and meningitis. It is applied as primer vaccination 3 times (in 2nd, 4th and 6th months) every two months and 4 times within 18-24 months and so in totally 4 times [34].

Number of Hepatitis B vaccines inoculated: Hepatitis B is a viral disease causing the pneumonia, contaminating to the baby from the mother carrying this virus in childbirth and causing the hepatitis named as chronic hepatitis, the liver failure, cirrhosis and finally the liver cancer for the baby. The vaccine is applied 3 times

according to the calendar of 0th , 1st and 6th month. The vaccines provide %100 protection against the disease [34].

Number of KKK vaccines inoculated: It is inoculated against the Measles, Mumps and Rubella diseases. The first vaccine is made in 12th month and the second vaccine is made at the first grade of primary school. [34].

Vaccine Calendar is given in the table below mentioned.

c) The Number of Monitored Babies: Each individual between 0-365 days is called a baby. It specifies the number of babies monitored by family physicians.

d) The Number of Monitored Pregnant Women: Female patient who is determined to be pregnant according to test, observation and views performed by the family physician and whose necessary notification data related to her pregnancy is forwarded to the ministry after recorded, is considered as "Pregnant".

e) The Number of Patients Receiving Mobile Service: It is the number of patients who are certainly registered to the family physician and who selected the option “Dependent to Mobile Service” during the registry process.

Data for patient transfer criteria which is one of the family practice applications cannot be recorded by the relevant source, it could not be processed in our study.

Vaccine Calendar is given in the table below mentioned.

Table 1 : Vaccination calendar

At Birth	End of 1st month	End of 2nd month	End of 4th month	End of sixth month	12th month	18-24 months	Primary 1st Class	Primary 8th class
Hep B	I .	II .			III .			
BCG			I .					
DaBT-IPA-Hib			I .	II .	III .		R .	
KPA			I .	II .	III .	R .		
KKK						I .		R .
OPA					+		+	+
Td								+

Source: http://www.beyazhastane.com/Asi_Takvimi.aspx

3.3. Application

Monthly performance scores determined over 8 criteria for 12 Family Practice units within the scope of study have been individually calculated for all months of the year 2012 and the arithmetic average of these scores has been calculated for each unit and performance of units during the year has been asked to be observed.

Table 2: Criteria used in the study

No	Code	Criteria
1	KN	Registered Population
2	BCG	Number of applied BCG vaccinations
3	DABT	Number of applied DABT vaccinations
4	HPTT	Number of applied Hepatitis B vaccinations
5	KKK	Number of applied KKK vaccinations
6	BİS	Number of monitored babies
7	GİS	Number of monitored pregnant
8	GHS	Number of patients receiving mobile service

As a first step, Standard Decision Matrix of Units with (12x8) size for TOPSIS method has been formed. Accordingly, decision matrix belonging to January 2012 is as in Table 3.

Table 3 : Decision Matrix (A) For January 2012 Criteria

Family Physician	KN	BCG	DABT	HPTT	KKK	BİS	GİS	GHS
Unit 1	6666	6	20	16	6	52	22	2
Unit 2	7968	4	32	40	6	70	48	385
Unit 3	7798	4	40	36	8	74	28	0
Unit 4	7644	4	20	18	6	34	18	554
Unit 5	7164	4	24	16	4	48	26	221
Unit 6	6878	10	22	18	8	66	16	756
Unit 7	6764	8	46	42	14	82	24	552
Unit 8	7422	4	24	20	4	64	28	297
Unit 9	4240	4	12	4	8	32	12	764
Unit 10	1147	3	4	1	2	4	3	128
Unit 11	3112	6	12	10	2	24	8	594
Unit 12	4442	10	20	12	10	42	18	724

$$r_{11} = \frac{6666}{\sqrt{6666^2 + 7968^2 + 7798^2 + \dots + 4442^2}} = 0,3057$$

Step 2: Creation of Normalized Decision Matrix For Units

It has been calculated and shown in Table 4 by benefiting from Matrix A elements in Table 3 and using equation numbered (1).

Table 4 : Normalized Decision Matrix (R) of Units For January 2012

Family Physician	KN	BCG	DABT	HPTT	KKK	BİS	GİS	GHS
Unit 1	0,3057	0,2857	0,2253	0,1987	0,2379	0,2776	0,2682	0,0012
Unit 2	0,3655	0,1905	0,3605	0,4969	0,2379	0,3737	0,5851	0,2243
Unit 3	0,3577	0,1905	0,4506	0,4472	0,3172	0,3950	0,3413	0,0000
Unit 4	0,3506	0,1905	0,2253	0,2236	0,2379	0,1815	0,2194	0,3228
Unit 5	0,3286	0,1905	0,2704	0,1987	0,1586	0,2562	0,3170	0,1288
Unit 6	0,3155	0,4762	0,2478	0,2236	0,3172	0,3523	0,1950	0,4405
Unit 7	0,3102	0,3810	0,5182	0,5217	0,5551	0,4377	0,2926	0,3216

Family Physician	KN	BCG	DABT	HPTT	KKK	BİS	GİS	GHS
Unit 8	0,3404	0,1905	0,2704	0,2484	0,1586	0,3416	0,3413	0,1731
Unit 9	0,1945	0,1905	0,1352	0,0497	0,3172	0,1708	0,1463	0,4452
Unit 10	0,0526	0,1429	0,0451	0,0124	0,0793	0,0214	0,0366	0,0746
Unit 11	0,1427	0,2857	0,1352	0,1242	0,0793	0,1281	0,0975	0,3461
Unit 12	0,2037	0,4762	0,2253	0,1491	0,3965	0,2242	0,2194	0,4218
Total	3,2678	3,1905	3,1092	2,8942	3,0929	3,1600	3,0598	2,8999

Step 3: Creation of Weighted Standard Decision Matrix (V) For Units

In this step, weight degrees (w_i) related to the evaluation factors are determined and multiplied with the values in the relevant column in Table 4 and then weighted normalized values are found.

While calculating weight degrees related to the evaluation factors, each criteria's column values belonging to that unit in Normalized Decision Matrix are collected. Then these values related to criteria are accumulated and

total criteria value is calculated. Finally, column sum of each criteria is divided into total value of criteria and weights are calculated [35].

$$\text{Total Criteria} = 3,2678 + 3,1905 + 3,1092 + 2,8942 + 3,0929 + 3,1600 + 3,0598 + 2,8999 = 24,6744$$

$$w_1 = \frac{3,2678}{24,6744} = 0,1324$$

Accordingly, weight degrees of all criteria have been found as in Table 5.

Table 5: Weight degrees of criteria Used in the units

Unit	KN	BCG	DABT	HPTT	KKK	BİS	GİS	GHS
W	0,1324	0,1293	0,1260	0,1173	0,1253	0,1281	0,1240	0,1175

As a result of the multiplication of values in the columns of matrix in Table 4 with the evaluation factors,

weighted Standard Decision Matrix has been formed in Table 6.

$$V_{ij} = W_i \cdot r_{ij}$$

$$V_{11} = 0,1324 \cdot 0,3057 = 0,0405$$

Table 6: Weighted Standard Decision Matrix (V) of the Units for January, 2012

Family Physician	KN	BCG	DABT	HPTT	KKK	BİS	GİS	GHS
Unit 1	0,0405	0,0369	0,0284	0,0233	0,0298	0,0355	0,0333	0,0001
Unit 2	0,0484	0,0246	0,0454	0,0583	0,0298	0,0479	0,0726	0,0264
Unit 3	0,0474	0,0246	0,0568	0,0525	0,0398	0,0506	0,0423	0,0000
Unit 4	0,0464	0,0246	0,0284	0,0262	0,0298	0,0232	0,0272	0,0379
Unit 5	0,0435	0,0246	0,0341	0,0233	0,0199	0,0328	0,0393	0,0151
Unit 6	0,0418	0,0616	0,0312	0,0262	0,0398	0,0451	0,0242	0,0518
Unit 7	0,0411	0,0493	0,0653	0,0612	0,0696	0,0561	0,0363	0,0378
Unit 8	0,0451	0,0246	0,0341	0,0291	0,0199	0,0438	0,0423	0,0203
Unit 9	0,0258	0,0246	0,0170	0,0058	0,0398	0,0219	0,0181	0,0523
Unit 10	0,0070	0,0185	0,0057	0,0015	0,0099	0,0027	0,0045	0,0088
Unit 11	0,0189	0,0369	0,0170	0,0146	0,0099	0,0164	0,0121	0,0407
Unit 12	0,0270	0,0616	0,0284	0,0175	0,0497	0,0287	0,0272	0,0496

Step 4: Forming the Ideal (A^+) and Negative Ideal (A^-) Solutions

In this step, ideal A^+ and negative ideal A^- solution sets are formed. For A^+ set, the biggest value at each column of V matrix was selected and the lowest value at each column of V matrix was selected for A^- set, then the table below mentioned was created.

Table 7: Ideal (A^+) and Negative Ideal (A^-) Solutions for the Units

A^+	0,0484	0,0616	0,0653	0,0612	0,0696	0,0561	0,0726	0,0523
A^-	0,007	0,0185	0,0057	0,0015	0,0099	0,0027	0,0045	0

Step 5: Calculating the Distant Measures Between the Units

The distant of both criteria to the positive ideal solution (S_i^+) and from the negative ideal solution (S_i^-) has been calculated by means of the formula 2 and 3, and founded as mentioned in Table 8.

Table 8: Distant Measurements between the Alternatives

Family Physician	S_i^+	S_i^-
Unit 1	0,0987	0,0690
Unit 2	0,0640	0,1197
Unit 3	0,0780	0,1072
Unit 4	0,0943	0,0741
Unit 5	0,0965	0,0714
Unit 6	0,0760	0,1004
Unit 7	0,0417	0,1344
Unit 8	0,0891	0,0818
Unit 9	0,1109	0,0687
Unit 10	0,1537	0,0088
Unit 11	0,1221	0,0518
Unit 12	0,0833	0,0909

Step 6: Calculating the unit proximity relative to the ideal solution

For calculating the proximity (C_i^+) relative to the ideal solution for each decision point, the ideal and negative ideal distinction measures are used. The measure used is the part of the negative ideal distinction measure into the total distinction measure. Calculating the proximity value relative to the ideal solution is shown in the formula below mentioned:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}$$

According to this formula, it holds;

$$C_1^+ = \frac{0,0690}{0,0987 + 0,0690} = 0,4113$$

Accordingly table 9 shows the C_i^+ points given by the units.

Table 9 : Proximity Values (C_i^+) and Sequences of the Units Relative to the Ideal Solution in January of 2012

Family Physician	(Ci)	Processing
Unit 1	0,4113	9.
Unit 2	0,6516	2.
Unit 3	0,5787	3.
Unit 4	0,4402	7.
Unit 5	0,4254	8.
Unit 6	0,5691	4.
Unit 7	0,7634	1.
Unit 8	0,4785	6.
Unit 9	0,3825	10.
Unit 10	0,0539	12.
Unit 11	0,2978	11.
Unit 12	0,5216	5.

In this processing, the unit having the highest C_i^+ value has priority. According to this the greatest performance was shown by the Family Practice unit 7 in January of 2012 and the units 2, 3 and 6 followed it respectively. The units 10, 11 and 12 showed the poorest performances respectively.

According to these steps, Table 10 shows C_i^+ values and sequences of all months for the units.

Table 10: C_i^+ values and sequences of all months in 2012 for the units

Month	January		February		March		April		May		June	
Family	C_i^+		C_i^+		C_i^+		C_i^+		C_i^+		C_i^+	
Phy.	Sequence		Sequence		Sequence		Sequence		Sequence		Sequence	
Unit 1	0,4113	9	0,4884	9	0,5308	5	0,4987	8	0,4369	8	0,5961	2
Unit 2	0,6516	2	0,7137	1	0,5328	4	0,6337	2	0,6567	1	0,5958	3
Unit 3	0,5787	3	0,5901	4	0,5636	3	0,5591	5	0,6004	3	0,5302	7
Unit 4	0,4402	7	0,5045	8	0,3811	9	0,5484	6	0,5415	4	0,5561	5
Unit 5	0,4254	8	0,5123	7	0,4520	7	0,4498	9	0,4736	7	0,4430	9
Unit 6	0,5691	4	0,5927	3	0,4211	8	0,6527	1	0,5341	5	0,6227	1
Unit 7	0,7634	1	0,5641	5	0,6464	1	0,5152	7	0,6151	2	0,5462	6
Unit 8	0,4785	6	0,5939	2	0,5862	2	0,5666	4	0,3804	9	0,5867	4
Unit 9	0,3825	10	0,3986	10	0,3352	11	0,3710	10	0,2725	11	0,3813	10
Unit 10	0,0539	12	0,0462	12	0,0208	12	0,0288	12	0,0218	12	0,0427	12
Unit 11	0,2978	11	0,2810	11	0,3366	10	0,2296	11	0,2852	10	0,2489	11
Unit 12	0,5216	5	0,5478	6	0,4648	6	0,5735	3	0,5127	6	0,4837	8
C_i^+ average	0,4645		0,4861		0,4393		0,4689		0,4442		0,4695	
Month	July		August		September		October		November		December	
Family	C_i^+		C_i^+		C_i^+		C_i^+		C_i^+		C_i^+	
Phy.	Sequence		Sequence		Sequence		Sequence		Sequence		Sequence	
Unit 1	0,3674	8	0,4534	9	0,3547	9	0,4973	7	0,5241	6	0,4383	7
Unit 2	0,6831	2	0,7333	2	0,5632	5	0,6413	1	0,5162	7	0,6902	1
Unit 3	0,6222	3	0,5722	5	0,6236	2	0,5697	4	0,5432	5	0,5088	5
Unit 4	0,4712	7	0,5807	4	0,4483	7	0,3839	10	0,4789	9	0,3297	9
Unit 5	0,5838	4	0,6430	3	0,5677	4	0,4932	8	0,5614	4	0,5047	6
Unit 6	0,5107	5	0,8045	1	0,5685	3	0,6300	2	0,7737	1	0,5595	3
Unit 7	0,7055	1	0,5452	6	0,6951	1	0,5432	5	0,6217	2	0,5238	4
Unit 8	0,4830	6	0,5015	7	0,4617	6	0,6218	3	0,5096	8	0,6215	2
Unit 9	0,3662	9	0,4764	8	0,3510	10	0,4104	9	0,3414	10	0,3275	10
Unit 10	0,0510	12	0,0597	12	0,0287	12	0,0582	12	0,1049	12	0,0355	12
Unit 11	0,2617	11	0,2740	10	0,2218	11	0,2048	11	0,2229	11	0,2208	11
Unit 12	0,3244	10	0,2594	11	0,4307	8	0,5388	6	0,6091	3	0,4147	8
C_i^+ average	0,4525		0,4919		0,4429		0,4661		0,4839		0,4313	

Table 11 shows the annual performances made by averaging the monthly C_i^+ points of all units to carry out an evaluation on annual basis over the monthly changes.

Table 11: Points and Sequences C_i^+ of 2012 Averages of Units

Sequences	Average Ci	Unit
1.	0,6343	Unit 2
2.	0,6071	Unit 7
3.	0,6033	Unit 6
4.	0,5718	Unit 3
5.	0,5326	Unit 8

Sequences	Average Ci	Unit
6.	0,5092	Unit 5
7.	0,4734	Unit 12
8.	0,4720	Unit 4
9.	0,4665	Unit 1
10.	0,3678	Unit 9
11.	0,2571	Unit 11
12.	0,0460	Unit 10
$X_{average}$	0,4617	

Figure 1 shows the course of the distribution above mentioned.

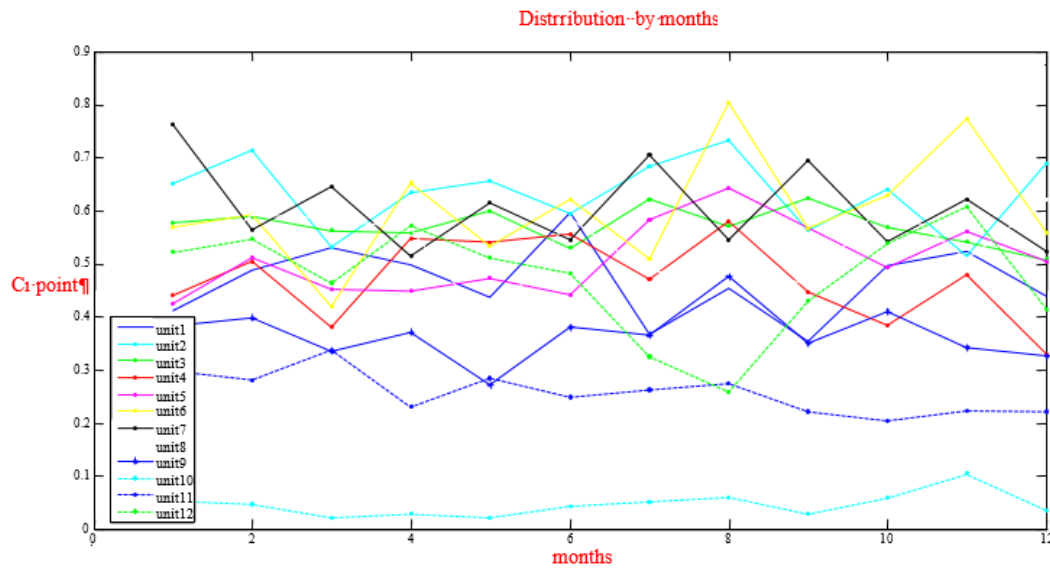


Figure 1 : C_i^+ points distribution of 2012 for Family Practice Units

Figure 2 shows the relation of point of each unit with current months' average point. In this way, compared comments about quantity of the unit's performance will be able to be obtained.

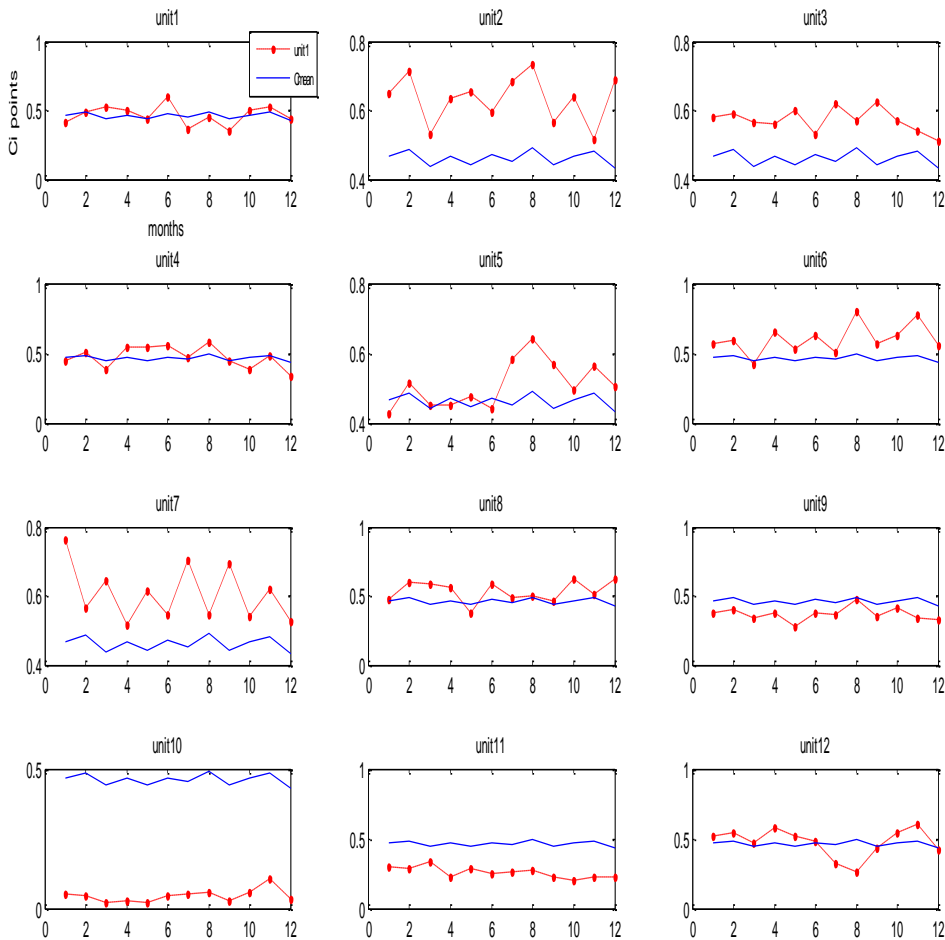


Figure 2: Comparison of Points of Each Family Practices C_i^+ points according to the Monthly Average points C_i^+

When the results are examined; while respectively performances of unit 2, unit 7 and unit 6 and unit 3 were considered as successful, performances of unit 10, unit 11 and unit 9 proved to be low. In addition, performance points of unit 1, unit 4, unit 5, unit 8 and unit 12 were seen closed to the mean and performances were measured on the mean level.

When it is calculated monthly base, unit 2, unit 7 and unit 6 showed four times the best performance of the month. Unit 10 became the unit showing each month the worst performance due to being an under-populated and new-opened residential area.

4. CONSTRAINTS OF RESEARCH

In research, there is a constraint in terms of method and application. However, it is considered as a constraint that the units have been tried to be measured on data, whose unit performances are observed (recorded), in spite of this environmental and personal factors are not taken into consideration, for the study. In addition; because the study have been made at a small location, not obtaining adequate sample results may be discussed in terms of generalization. In further studies, doing studies in different regions may contribute to the literature by increasing sample number.

5. CONCLUSION AND DISCUSSION

Importance of primary health care services, which is one of the most important steps in the transition to the preventive-protective health system from curative health system creating a big financial burden on the states in today's conditions, is increasing. In this context, family practice service, which Turkey Ministry of Health has

commenced as of 2006, constitutes the most important dynamic of the intended purpose. Ministry of Health has started increase of productivity policy by developing Performance calculation methods in Family Practice

In this study, performance of the units was transformed to a single point showing general performance with TOPSIS method on data of these criteria by using 8 criteria in the performances of 2012 of 12 Family Practices unit and their performances was compared by being put in order among units.

When the result of the study was observed, performance points of the units showed a fluctuation within the year. However, putting in order of unit 9, unit 10 and unit 11 on the periods of analysis remained same in general and result for developing of low performances was detected.

Family Practice performance system in force does not award the unit showing a lot of performance but award the unit operating in full (full percentage). The system operates with a comprehensible logic in a level. Vaccinating more than required is problematic in terms of medical ethics. Measurement of expectation based performance constitutes logic of the system. Critical aspect of the system is to consider equal them when the unit applying more performance than units have the same number of patients, the unit showing less performance provide expected vaccine rate. This status makes performance assessment concept to be examined.

As a result, TOPSIS method allows for an objective assessment to the decision makers by gathering different assessment options in a common ground. For this reason results reached in this study may be used as an assistant application in measurement of Family practice performance.

References

- [1]. Tuzer, T. T. , Görpelioglu ,S.(2001). Family Practice *New Turkey Health Private Issue*, 39, 845-853
- [2]. Kilic S.(2006) . *Performance Assessment System and Application in Family Practice* Published Post Graduate Project). Kocaeli University/ Institute of Social Sciences, Kocaeli . p. 58
- [3]. Aydin, S. (Ed.) (2004) *Family Practice Turkey Model*, Ankara: Publication of Ministry of Health, pp. 36-37
- [4]. Ersoy, F. (2005) Family Practice, *Ministry of Health Dialogue Magazine*, 9, 41-48
- [5]. Kubali, D. (1999), Performance Auditing, *Public Administration Magazine* 32, 31-62
- [6]. Balci, A., Kirilmaz, H.(2005). Performance Based Charges and Applicability in Public Sector: Performance-based additional payment system from Revolving Funds in the Ministry of Health. Istanbul: Beta.
- [7]. Ministry of Health Head of IT Department (2007) Performance Measurement Method in Family Practice Application (*Version 2.1*) . Ankara: Ministry of Health
- [8]. Uyargil, C. (2000). Human Sources Management Istanbul: University of Istanbul. Faculty of Management Publication, p. 178-180
- [9]. Neely, A., Gregory, M. and Platts, K. (1995), "Performance measurement system design: a literature review and research agenda", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15 No. 4, pp. 80-116.
- [10]. Gomes, C.F., Yasin, M.M. and Lisboa, J.V. (2004b), "A literature review of manufacturing performance measures and measurement in an organizational context: a framework and direction for future research", *The International Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 15 No. 6, pp. 511-30.
- [11]. Ballantine, J., Brignall, S. and Modell, S. (1998), "Performance measurement and management in public health services: a comparison of UK and Swedish practice", *Management Accounting Research*, Vol. 9 No. 1, pp. 71-94.

- [12]. Denton, G. and White, B. (2000), "Implementing a balanced-scorecard approach to managing hotel operations", *Cornell Hotel & Restaurant Administration Quarterly*, Vol. 41 No. 1, pp. 94-107.
- [13]. Neely, A., Adams, C. and Kenerly, M. (2002), *The Performance Prism – The Scorecard for Measuring and Managing Success*, Pearson Education Limited, London
- [14]. Jones, C.R. (2004), "A 'scorecard' for service excellence", *Measuring Business Excellence*, Vol. 8 No. 4, pp. 45-54.
- [15]. Phillips, P. and Louvieris, P. (2005), "Performance measurement systems in tourism, hospitality, and leisure small medium-sized enterprises: a balanced scorecard perspective", *Journal of Travel Research*, Vol. 44 No. 2, pp. 201-11.
- [16]. Kang, H. and Bradley, G. (2002), "Measuring the performance of IT services: an assessment of SERVQUAL", *International Journal of Accounting Information Systems*, Vol. 3 No. 3, pp. 151-64.
- [17]. Parasuraman, A. (2004), "Assessing and improving service performance for maximum impact: insights from a two-decade-long research journey", *Performance Measurement and Metrics*, Vol. 5 No. 2, pp. 45-52.
- [18]. Chow, C.C. and Luk, P. (2005), "A strategic service quality approach using analytic hierarchy process", *Managing Service Quality*, Vol. 15 No. 3, pp. 278-89.
- [19]. Carr, C.L. (2007), "The Fairserv model: consumer reactions to services based on a multidimensional evaluation of service fairness", *Decision Sciences*, Vol. 38 No. 1, pp. 107-30.
- [20]. Brignall, S. and Modell, S. (2000), "An institutional perspective on performance measurement and management in the 'new public sector'", *Management Accounting Research*, Vol. 11 No. 3, pp. 281-306.
- [21]. Johnsen, A. (2001), "Balanced scorecard: theoretical perspectives and public management implications", *Managerial Auditing Journal*, Vol. 16 No. 6, pp. 319-330.
- [22]. Chan, Y.-C.L. (2004), "Performance measurement and adoption of balanced scorecards: a survey of municipal governments in the USA and Canada", *International Journal of Public Sector Management*, Vol. 17 No. 3, pp. 204-21.
- [23]. Wisniewski, M. and O'lafsson, S. (2004), "Developing balanced scorecards in local authorities: a comparison of experience", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 53 No. 7, pp. 602-10.
- [24]. World Health Organization (WHO) (2003), *How Can Hospital Performance be Measured and Monitored*, Who Europe Office.
- [25]. Tengilimoglu, D., Toygar, S.A. (2013). PATH Method in the Measurement of Hospital Performance *Social Security Magazine 2013/*, s.50-78
- [26]. Aksoy, B. (2001). Assessment of Physician Performance in hospitals.(Not published Post graduate Project), Baskent University/ Institute of social sciences, Ankara p. 12
- [27]. Erkan, A. (2011). Payment depending on Performance: Ministry of Health Application. *Revenue Office magazine*, 160, pp.423-437
- [28]. Corum Public Health Directorate (2013) , <http://www.corumhsm.gov.tr/tr/a-h-performans-verileri-2.html> (Access 10.06.2013)
- [29]. Ozden, Ü. H. (2009). Performances of Deposit Banks in Turkey Analysis with Multi-Criteria Decision Taking Methods Ankara: Details, p. 75
- [30]. Mahmoodzadeh, S., Shahrabi, J., Zaeri, M.S. (2007). Project Selection by Using Fuzzy AHP and TOPSIS Technique, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 30, p.333-338
- [31]. Dumanoglu, S., Ergul, N. (2010). Financial Performance Measurement of Technology Companies operating in Istanbul Stock Exchange. *Accounting and Finance Magazine.48*, pp.101-111
- [32]. Balli, S.,Korukoglu, S. (2009). Operating system Selection Using Fuzzy AHP and TOPSIS Methods , *Mathematical and Computational Applications. 14(2)*, pp. 119-130
- [33]. Kiter, G., Uçan,E.S. (2001). Tuberculosis Prevention, *Turk Toraks Magazine. 2 (1)*, s.85-90
- [34]. Vaccine Counseling Center was accessed from the address of.http://asidanisma.com/2012_CEHD_Genisletilmis_Asi_Takvimi_a.asp on June 13th, 2013.
- [35]. Uygurturk H., Korkmaz T. (2012), Determination of Financial Performance with TOPSIS Multi Criteria Decision Method: an Application on Main Matal Operations. *University of Eskişehir Osmangazi IIBF Magazine*, 7(2), page.95-115.



2015.03.02.OR.02

CELLULAR MANUFACTURING SYSTEMS: ORGANIZATION, TRENDS AND INNOVATIVE METHODS

A. Attila İŞLİER*

Prof. Dr., Industrial Engineering Department, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir

Received: 03 September 2015

Accepted: 10 October 2015

Abstract

Interchangeability is the distinguishing feature of modern manufacturing. A huge production capacity to satisfy the people is reached thanks to that concept. Yet that prospect brought up a dilemma too. Efficient but inflexible flow lines for very limited product types on one side and unproductive flexible batch production for numerous diverse parts on the other side. The remedy is thought of as Cellular Manufacturing (CM). That seemed a brilliant idea but the proliferation of CM has never reached to the expected levels. This paper discusses the probable causes of this discontent by referring both academic and practical issues and tries to give some clues to improve the achievements of further CM applications by emphasizing of the contemporary tools like computer techniques, especially emerging approaches of artificial intelligence as well as organizational and social issues.

Keywords: Production Systems, Cellular Manufacturing, Group Technology.

Jel Code: D2, L61, O33

HÜCRESEL ÜRETİM SİSTEMLERİ: YAPI, EĞİLİMLER VE YENİLİKÇİ YÖNTEMLER

Özet

Montajda kullanılan parçalardaki değiştirilebilirlik, modern imalatın belirgin bir niteliği olmuştur. Günümüz insanlarına doyum sağlayacak muazzam bir üretim gücüne de yine bu kavram sayesinde erişilebilmiştir. Ancak bu kavramdan yararlanma gayretleri, bir ikilemi de beraberinde getirmiştir. Bir yanda değiştirilebilirlik sayesinde yüksek verimlilikle ama son derece sınırlı tipte ürün üreten ve esnek olmayan seri üretim hatları diğer yanda da çeşit çeşit ürünü üretebilen esnek ama verimsiz parti tipi üretim sistemleri ortaya çıkmıştır. Her iki üretim tipinin üstün yanlarını birleştirecek çare de, uzun bir süreden beri Hücreli Üretim (HÜ) olarak görülmüştür. Fakat ilk bakışta, çok parlak bir düşünce olarak görünen bu yaklaşım da, hiçbir zaman kendinden beklenen hızla yaygınlaşmamıştır. Bu makalenin amacı da, buradaki çelişkinin kuramsal ve uygulamaya yönelik kaynaklarını irdeleyip, özellikle bilgisayar gibi araçlar ve yapay zekâ gibi yeni tekniklerin sağlayacağı olanaklar yanında işin örgütsel ve toplumsal yönlerini vurgulayarak HÜ uygulamalarındaki başarı düzeyini yükseltebilecek bazı ipuçlarını ortaya koymak olmuştur.

Anahtar Kelimeler : Üretim sistemleri, Hücreli Üretim, Grup Teknolojisi

Jel Kodu : D2, L61, O33

1. INTRODUCTION

This paper points out some basic concepts which modern manufacturing is based on; explains the rationale behind CM; calls attention to the important points,

assumptions and formulization of Cell Formation (CF) Problem; briefs the classical methods and introduces advanced techniques developed for CF by taking design, layout and operational aspects into account. Meanwhile some clues to encourage successful CM applications are

* aislier@ogu.edu.tr (Corresponding author)

given. Organizational and social perspectives are also concerned to encourage the possible practical applications and academic research.

In his time-honored article Maslow (1943) states that “The average member of our society is most often partially satisfied and partially unsatisfied in all of his wants. Thus man is a perpetually wanting creature”. Accordingly manufacturers bear the mission to fulfill these everlasting demands to innumerable kinds of products.

A typical end product, meeting the requirements of end users consists of several subassemblies which in turn are made of certain parts. Parts are the leaves of the conceptual tree that resembles the Bill of Materials (BOM) of that product. Each entity on that tree is called as a component. Parts are special kinds of components at the lowest level of that hierarchy. It is not possible to separate them meaningfully into lower level articles.

In fact, very few of these parts are inclined to be produced by a single operation. Since any usual machine is specialized to perform only a certain simple operation; a series of operations, hence a sequence of machines are needed to attain the final characteristics of the part in concern. These attributes might be related to crystal structure, consequently the crucial mechanical characteristics of the material; the shape, dimensions, tolerances, texture, color or surface quality of the part, or like.

Specifications explicitly describe technical characteristics of an item or product. They document the requirements of what that particular product should be. The verifiable details stated on specifications, enable the producers to manufacture interchangeable parts. Interchangeability is the distinguishing feature of the parts produced by modern manufacturing facilities. These parts are assembled to form end products. Since they are practically identical, no custom fitting like filing, leveling or smoothing is needed to assemble them. Replacing of worn or damaged components by spare ones is also easy thanks to interchangeability since they are made to specifications that ensure that they are so nearly identical to fit into any device of the same type. Therefore the time and degree of skill required by the person doing the assembly or repair are dramatically reduced.

All the objects manufactured as a certain part number are interchangeable. Here, two key concepts arise: Quantity and diversity. Kwok, (1992) emphasizes the steering role of these concepts in production systems design and he discusses the P-Q diagram originally devised by Muther to reveal their comparative weights. Here, each part number produced in a certain manufacturing concern is resembled by a vertical bar where the length of the bar is proportional to the quantity of corresponding item. Those bars are sorted from left to the right by descending order of their lengths, as in ABC

analysis. The few items at the leftmost of the chart are the ones possessing of the highest demand. They lend themselves to be produced in a line by a flow type production system.

Flow type systems are also called as serial production systems since the employed machines are arranged as one after the other. They are special purpose machines in general. Their production rates are high. But they are quite expensive and special orders are needed to procure them since they are not standard utensils. Anyhow they run economically, producing huge amounts of parts, distributing of the fixed costs to a larger number of products so reducing of the unit costs due to economics of scale. A stable production is provided and handling costs are minimized by serial production.

Processes like investment casting or machining on a multi-coordinated machining center bring about the parts into their final shape in one step only. In fact these types of processes are not so common. Therefore each part to be produced requires a particular sequence of operations at a sequence of machines in general. At the end of each successive operation, raw material gets more similar to the end product. The sequence of operations is called as routing. Each part number has its own routing. If the machines are lined up by the same sequence, that series of machines progressively gives the shape to the part. Anyhow merely arranging of the machines in a line is not sufficient to get a flow system. Synchronization of operations is also required. In other words, operation times on each machine should be the same or nearly same to avoid interruption or accumulation of flow between machines.

Providing of synchronization in operations is a tough problem requiring a considerable concordance between product, process and tooling. Additional drawbacks of this type of production are the basic prerequisite of high production rates and their inherent inflexibility. As production rate increased, unit costs reduce as explained above and expensive equipment is more easily paid off. But higher production rates are only possible with high demands to specific parts whereas this is not the case in general. Inflexibility of these systems on the other hand, arises from the parallelism principle to be followed in constructing of flow lines. In fact, each of the machine types on the line must coincide the routing of the parts planned to be produced on that line to get the maximum benefit of flow lines. If some machines are passed over and some others are revisited, smoothness of the flow is lost. So only those parts with identical at least very similar routings are prone to be produced on a certain line. As a result neither number of part types nor production rates are flexible.

Thus a very small fraction of goods are produced in series systems since high demand and low variety items are quite rare. At the other extreme of P-Q diagram, low

quantity-high diversity parts take place. This kind of parts requires superior flexibility to be produced. Universal machines provide that flexibility by expense of efficiency. These universal machines produce a larger spectrum of items. A universal lathe machines virtually all the cylindrical parts while a universal milling machine machines any prismatic part. But positioning and fixing of different items on these machines require a substantial skill and time. Either skilled operators or jigs and fixtures are needed for this purpose. In any case, a setup time and an expense are in concern.

Setup requires a considerable time compared to operation times. A press for instance might produce several parts within a minute but several hours of work is required to align the die to the machine in general. So manufacturers tend to produce as much parts as possible following their noteworthy effort for setup. Anyhow, demand is not the unique upper limit in determining the number of parts in a batch. As batch size gets larger, the cost of setup time is distributed to a larger number of parts. Consequently unit costs reduce. On the other hand, a larger number of items mean an increase in holding costs. The trade-off between these two costs is Economical Batch Size which is conceptually the same with Economic Order Quantity in inventory control.

A greater part of the world manufacturing is carried out by batch type production systems, by lot sizes of lesser than say a hundred. Batch type manufacturing is flexible enough. These systems are capable to produce a large variety of parts to meet a range of demand levels within an extent of due dates. They are adaptable but inefficient. The reason for their inefficiency is not the setup times alone. Effect of non-operating times on inefficiency is more severe. Machines employed by batch type shops are flexible but they are neither lined up nor synchronized. So a vast amount of time is lost between machines. The machine for following operation is distant, busy, and even indeterminate in general. If operation times are in the order of minutes, setup times are measured with hours. In practice, a week of non-operating time is thought for each operation as a rough cut.

Here the question arises “Is there a way to amalgamate the flexibility of batch type production systems with efficiency of series systems?”. The answer lies on the relation of quantity and variety since distinguishing factor in choosing of production system lies behind their relative importance.

If the parts requiring the same machine sets are grouped as part families and they are allocated to certain production units encompassing the required machine sets, diversity in any unit (cell) reduces to one while the quantities increase considerably. Consequently efficiency of flow lines is combined with flexibility of batch production (Wu et al, 2007). Some major benefits offered by CM include reducing the lead time, setup time, material handling, and

work in process. These benefits lead to better delivery times, quality improvements, more efficient management and customer satisfaction. The application of CM is also an appropriate first step towards unmanned production (Spiliopoulos & Sofianopoulou, 2008).

Although this idea seems very impressive, achievement stories from practice is very rare and level of satisfaction is quite low. Clegg et al (2002) reminds that overall rates of success of the practices are moderate, with some successes but also high rates of failure too. Likewise Manning & Jensen, (2006) remarks the machines isolated into a cell by accentuating the loss of pooling synergy of the shops moving from a departmental to a cellular layout and presents a spreadsheet approach to deal with consequent underperformance. Human and organizational factors in new manufacturing system implementation also play a central role. It is thus crucial to identify and reduce those performance obstacles for more effective CM implementation. Park & Han (2002) lists the important factors in CM implementation as training, education, information, teamwork skill, supervision, and scheduling. Of course, technical aspects are also worth to mention.

The objective of this chapter is to discuss the possible reasons of frustration caused by limited success of CM applications and to give some clues to improve the achievements of further ones by emphasizing of contemporary tools like computer techniques, especially emerging approaches and artificial intelligence as well as organizational and social issues after identifying of the basic concepts and explaining of the rationale behind CM..

2. BACKGROUND

Group Technology (GT) is launched by Mitrofanov in Russia at forties and developed by Burbidge in England later (Singh, 1993). That technology is based on the idea of ‘getting similar parts together to make use of their similarities in design and production’ (Kamran & Parsai, 1992).

A flange, for example, is a circular flat part used to connect the pipe ends to each other. Flanges are welded to pipe ends, in turn; these flanges are fastened facing to one another by bolts, so pipes are connected. A flange is basically a disk with a large central hole which fits to pipe diameter, and several smaller holes around large central hole for bolts. In fact, thickness and diameter of the disk itself, diameter of the large hole, numbers and sizes of the small holes and their locations differ. Part may has recesses, chamfers, or other secondary shape features. So, hundreds of flange types are being manufactured on production lines. Anyhow the machines, to manufacture any kind of flange is limited merely by lathes, drills, maybe of milling machines, regardless of its inherent shape characteristics and dimensions.

Bushings, connecting rods and so on are also apt to similar considerations. Consequently a large variety of similar parts are most likely produced in distinctive production units by making use of the improved expertise, reduced handling costs and better control. In an extreme - and ideal- case, all the parts are grouped into part families and all the machines are arranged as manufacturing cells.

Spiliopoulos & Sofianopoulou, (2008) regards the CM as the key production strategy, in the framework of GT. Mansour et al (2000) assesses CM as an important application of GT. Tsai & Lee, (2006) states that CM has found extensive use in just-in-time (JIT) production and in flexible manufacturing systems (FMS). Durmuşoğlu et al (2003) relates CM directly to Lean Manufacturing. Pattanaik & Sharma (2009) also discusses the requirement of new cell design methodology to minimize several non-value added activities/times such as bottlenecking time, waiting time, material handling time, etc.

The general idea is to decentralize processing by creating manufacturing cells. In other words, processing of each part family in a single machine cluster. The main objective is to cluster machines and parts into machine cells and part families respectively so that the minimum of intercellular part movements will be achieved (Ameli & Arkat, 2008).

Consequently CF is the main step in designing of a Cellular Manufacturing System (CMS) (Arkat et al, 2007). Due to NP completeness of CF problem, many heuristics have been developed (Mahesh & Srinivasan, 2006). The

natural tool used in CF is the incidence matrix. Columns of this matrix are the parts to be produced and the rows are available machines. If a part needs a certain machine to be produced, the corresponding matrix entry is one; otherwise it is zero. That matrix representation can be interpreted as binary numbers both at the rows and the columns.

Binary Ordering Algorithm makes use of that interpretation. Although it is a naïve idea, with a low discriminating power as a clustering algorithm, it is a useful means to explain the block diagonalization concept. A five parts four machines incidence matrix is given at the leftmost edge of Figure 1. If the first row of that matrix can be interpreted as the binary value of 10011, its decimal equivalent is 19 as shown at the right of the first matrix. Values of the other rows are 12, 19 and 12, respectively.

The rows are sorted in descending order by their values. Second and the third rows are interchanged and the second matrix is obtained. Second matrix is copied as third matrix for clarity purposes without any change. Now the columns are interpreted as binary numbers. They are 12, 3, 3, 12, and 12 respectively as seen at the bottom of the third matrix. If the columns are sorted likewise, this time columns 2 and 4 as well as columns 3 and 5 swaps and the forth matrix is obtained. By noticing that the values at the rightmost edge of the figure (decimal equivalents of the binary values of the rows of the last matrix) are in descending order, the algorithm stops.

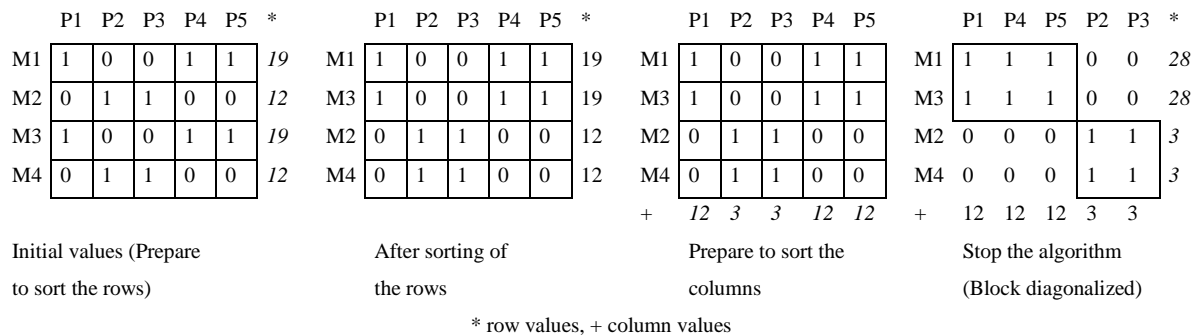


Figure 1. Block Diagonalization by Binary Ordering Algorithm

The column and row operations are also applied to machine and part names. Consequently the information on the matrix is not destroyed. As seen, two clusters are obtained at last. The first cluster corresponds to the first cell. Machines 1 and 3 as well as parts 1, 4 and 5 takes place there. Machines 2 and 4 are at the second cell. They will operate on parts 2 and 3 there. Entries with a value of 1 are completely diagonalized at last. In other words, blocks of ones are placed on the main diagonal of the matrix. Of course this is not the case in general. And more powerful methods are needed to diagonalize larger and more difficult matrices.

Another methodology to form manufacturing cells is based on similarity coefficients concept in conjunction with clustering procedures. These coefficients are devised to reveal the similarities of part pairs to decide whether they belong to the same part family or not. For each possible part pairs a coefficient is determined. The most common type of these coefficients is defined as ‘the ratio of the number of machine types required by both parts to the total number of machine types in the system’. Further types of coefficients are also defined of course. Yin & Yasuda (2006) develop a new taxonomy to clarify the definition and usage of various similarity coefficients in designing of CMSs. They also proved that similarity

coefficients based methods are more flexible than other CF methods.

A variety of clustering algorithms are defined to reveal the meaningful groupings by making use of similarity coefficients. Murugan & Selladurai (2007) examines three array-based clustering algorithms, namely rank order clustering (ROC), rank order clustering-2 (ROC2) and direct clustering analysis (DCA) for CF, with a real-life example to demonstrate the effectiveness of various clustering algorithms.

Burbidge (1992) argued that design, shape and other characteristics are not useful in CF but the processing requirement for each part is the only information that is needed. However a survey of many companies that use CM found that only in rare circumstances were companies able to identify mutually separable clusters of machine cells and part families (Wemmerlov & Hyer, 1989). In practice, the creation of completely independent manufacturing cells is very seldom feasible so one attempts to decrease as much as possible the intercellular traffic, that is, the traffic generated by parts visiting machines in different cells.

The example shown in figure 1 is reached into a perfect solution. In other words, all the non-zero terms are in diagonal blocks (highlighted by surrounding rectangles) and none of them remain outside. Probable non-zero terms outside the diagonal rectangles refer to exceptional parts that require intra-cell movements. They also mark the shared machines to be duplicated for complete partition, in other words, solutions are not perfect, in general.

These no perfect clusters necessitate a tool to evaluate the goodness of groupings. Efficiency is one of the well-known criteria employed for this purpose. It is based on the density of the non-zero elements in the diagonal blocks, and the density of zero elements in off-diagonal blocks. Kumar & Chandrasekharan (1990) critically discuss the efficiency concept and advocate the concept of efficacy to measure grouping goodness. Efficacy is defined as the ratio of the 'number of in-cell operations' to the 'number of all operations plus zero entries in diagonal blocks'. Many data sets ranged from perfectly groupable to the most ill structured ones are analyzed by Chandrasekharan & Rajagopalan (1989) to determine the major factors affecting of the groupability. They found that groupability is mainly based on standard deviation of Jaccard similarity coefficients where Jaccard coefficient between two rows of incidence matrix is defined as the ratio of 'number of pairs which both are non-zero' to 'number of pairs which either are non-zero'. They concluded that if standard deviation of Jaccard coefficients falls outside of the range of 0.2 -0.35, such matrixes can safely be rejected as unsuitable for GT applications.

Kumar & Vannelli (1987) developed two algorithms to determine the parts to subcontract to minimize the total

cost while increasing the groupability of system. Recently, fuzzy clustering has been applied in GT because the fuzzy clustering algorithms can present partial memberships for part-machine cells so that it is suitably used in CMSs for a variety of real cases (Yang et al, 2006). Namely, other numbers between 0 and 1 are also allowed reflecting of the membership value of a certain part to a machine. As a consequence the crisp problem of groupability softens.

In CF problems, the number of cells is also a critical factor in view of the fact that it is not apparent before solving of the CF problem. Won & Currie (2006) proposed a new p-median formulation considering real-world production factors such as the operation sequences and production volumes for parts to determine optimal number of machine cells and associated part families. Yin, (2009) also introduce a mathematical model to find the economic number of cells that minimizes the total sum of intracell and intercell movements costs without solving the CF problem. Anyhow virtually all the techniques leave the determination of optimal number of cells to conclusion of the algorithm itself. In fact some administrative and technical factors like skilled manpower or equipment restrictions necessitate a priori awareness of cell numbers.

Siemiatkowski & Przybylski (2007) focus on process planning within facilities of definite processing capabilities, under the consideration of multiple choices of process routings. They investigate alternative process flows by simulation. Safaei et al (2007) and Mehrabad & Safaei (2007) deal with dynamic and uncertain conditions due to imprecise nature of product mix and part demand.

Mahdavi & Mahadevan (2008) states that sequence data and flow patterns of various jobs has been a least researched area in CF. In fact that patterns also provide valuable information on appropriate sequence of machines to be located. Ahi et al (2009) appreciate the importance of machine locations and they determine CF, intracellular machine layout and cell layout as three basic steps in the design of CMSs. Arkat et al (2007) uses simulated annealing (SA) as an optimization tool and states that CF and cellular layout design as two main steps in designing of a CMS.

Ameli & Arkat (2008) focus on the configuration of machine cells considering production volumes and process sequences of parts. They also examine alternative process routings for part types and machine reliability considerations. Chan et al (2008) lists the recent problems to be dealt as production volume, operation sequence, alternative routings, allocation sequence of machines within the cells (intra-cell layout) and the sequence of the formed cells (inter-cell layout). Hu et al (2007) propose an integrated approach to consider cell system layout and material handling system selection simultaneously.

If the major concern of management is the cost cutting strategies, they should also deal with spatial coordinates of

machines as well as their assignments to cells, to minimize the transportation cost (Sarker & Yu, 2007). Similarly, Lei & Wu (2006) presents a multi-objective tabu search algorithm to minimize the weighted sum of inter-cell and intra-cell moves and the total cell load variations. Angra et al (2008) presents a workload-based model. They balance the workload of the cells keeping in mind the even distribution of processing times.

Further, Koufteros & Marcoulide (2006) seeks external integration by forming strategic partnerships involving customers and suppliers to coordinate activities across the value chain. Kumar (2004) remarks the need for conducting research in the areas at the interface of mass customization and supply chain management where mass customization is defined as, ‘technologies and systems that deliver goods and services that meet individual customer’s needs with near mass production efficiencies’. That is exactly what CM is aimed.

Satoglu et al (2006) advocates decentralized mini-storages against using of central storage sites as a continuation of the past habits. They also claim that such storage centralization both violates the independence of the cells from the entire production system in terms of facilities and prevents the reduction of both materials and parts transportation.

Braglia et al (2001) characterize material handling systems selection for manufacturing cells is a complex and risky affair due to intangible factors, a large number of possible equipment alternatives; the high investment required and uncertainty of market environment. Sujono & Lashkar (2007) proposes a method for simultaneously determining the operation allocation and material handling system selection in a CM environment with multiple performance objectives.

Kizil et al (2006) evaluates the effects of various dispatching rules on the operation and performance of CMSs which uses automated guided vehicles. Das et al (2007) proposes a preventive maintenance planning model for the performance improvement of CMSs in terms of machine reliability, and resource utilization. They also urge to minimize the total system costs and maximize the machine reliabilities.

Andrés et al (2007) examined a disassembly system with a cellular configuration. And they offered a two-phase approach to determine the optimal disassembly sequence to achieve good utilization levels of the equipment Copuroglu (2000) solved the CF problem by simultaneous consideration of tool shearing in aviation industry. Defersha & Chen (2006) proposed a comprehensive mathematical model to match the tooling requirements of the parts with the tooling available on the machines in CMS design. They also considered dynamic cell configuration, alternative routings, lot splitting, sequence of operations, multiple units of identical

machines, machine capacity, workload balancing among cells, operation cost, cost of subcontracting, part processing, tool consumption cost, setup cost, cell size limits, and machine adjacency constraints in that model. Tsai & Lee (2006) developed a general purpose model which offers the suitable modules that include the different objective functions and constraints for user to solve the related problem.

As an alternative, modular machines are considered as production units consisting of some basic and auxiliary machine modules. By changing the auxiliary modules, different operations can be performed on these machines. Pattanaik et al (2007) devised a reconfigurable manufacturing system considering minimization of inter-cell movement and the total changes in auxiliary modules for the given production horizon. Baykasoglu (2003) proposed the capability-based distributed layout approach for job shops which are working under highly volatile manufacturing environments in order to avoid high reconfiguration costs.

As a substitute to conventional cells, Virtual Manufacturing (VM) cells can significantly improve the performance of manufacturing systems by developing of flow patterns as well as providing higher efficiency, simplified production control, and better quality. A virtual cell is a group of machines that is dedicated to the manufacturing of a part family, though this grouping is not reflected in the physical structure of the manufacturing system. Organizing of production control systems along with such groups offers the possibility of achieving the advantages of CM in non-CMSs.

Nomden et al (2006) reviews the literature and results in a comprehensive framework which identifies the underlying principles of VMs and classifies the different VM concepts. An extensive simulation study conducted by Nomden & van der Zee (2008) showed that a small number of alternative routes will mostly suffice but a chained distribution of routes is preferable, and additional secondary resources are relevant only under specific conditions. Akturk & Yayla (2006) selected the technology of each cell individually and developed a hybrid of flexible and dedicated manufacturing systems at the same facility to manage the product variety in unstable markets.

To incorporate product mix changes into an existing CMS many important issues have to be tackled. Bhandwale & Kesavadas (2008) presents a methodology to fit new parts and machines into an existing CMS thereby increasing machine utilization and reducing investment in new equipment.

Once a need for change has been identified, then the complex nonlinear and black box process of changing commences. This period will comprise a number of different tasks, activities, and decisions for individuals and

groups both within and outside of the organization (Dawson, 2005). Chakravorty & Hales (2008) studied the CM failures reported in industry and tried to explain how and why manufacturing cells evolve over time. They advised ‘conflict management skills’ to resolve the dominant human problems at the beginning and ‘formal problem-solving methods’ to resolve the technical problems at a later phase. And they claim that in the third stage, both human and technical problems improve, and cells begin to perform at the optimal level.

Today’s complex, unpredictable and unstable marketplace requires flexible manufacturing systems capable of cost-effective high variety–low volume production in frequently changing product demand and mix. Fractal organizations are capable of processing a wide variety of products by allocating all manufacturing resources into multifunctional cells to achieve system flexibility and responsiveness.

Montreuil et al (1999) introduced the fractal concept by dividing a plant into several quasi-identical micro-factories where each fractal has the ability to produce a wide variety of parts. Multi-channel manufacturing (MCM) systems, proposed by Meller could be considered as a type of fractal entity (Ozcelik & Islier, 2003). Saad & Lassila (2004) indicated the need for a trade-off between machine quantities and material traveling distance in fractal layout design.

Even though CM is a several decades old initiative; continuous academic research and accumulation of experience in practice still encourage inspiration, simulation, and confirmation even realization of new CM versions. Heragu (1994) provide thorough literature surveys and classification schemes. Venkatadri et al (1997) assert that holonic layouts with their robust structure are advantageous if very little information available about products and their specific routings. Islier (2000) regards functional, cellular and fractal layouts as special cases of holonic layouts. Irani & Huang (2006) list the versions of cellular layouts as: agile, dynamic, holographic, hybrid, robust, flexible, holonic, multi-channel, responsibility networks, modular layout and virtual cells.

Reisman et al (1997) analyses 235 articles starting from 1969 and examines the research strategy employed by the authors and concludes that the literature is dominated by articles classified as pure theory using synthetic data.

Marsh et al (1999) lists the well-known 10 presumptions on CM as: CM group the similar equipment to make part families; CM conversions are comprehensive, not incremental; cell design is a difficult problem; objective is to minimize intercell transfers; larger cells lose efficiency; remainder cells (cells formed by grouping of off diagonal machines) are common; subcontracting and equipment duplication are useful

alternatives; cell workload balance is important; flexibility loss is a disadvantage of CM. By following a study conducted in 14 CM case sites they concluded that ‘many of the problems researchers are investigating’ are not those that ‘managers are actually concerned with’, due to different perspectives and understandings of two groups. At last they propose to increase communication between these two parties to rectify this situation.

Wemmerlov & Johnson, (2000) list their empirical findings on manufacturing cell design after a survey on 46 cell users as follows: CM is recognized as a tool for improvement of time, cost and quality; unsophisticated approaches are used in designing and implementing of cells; routing data is used as the primary source but it is distorted; strict targets for success is not set forth; single operator cells are common; safety and ergonomic considerations are kept in mind; cells are quite versatile (they contain multiple processes); implemented cells are quite flexible and robust.

Murugan, & Selladurai (2007) reports a reduction of 34.89 percent in material handling distance and an improvement of 20.21 percent in productivity by using of CMSs in a submersible pump industry which leads to a faster response than the current system and increased production accuracy, to yield more timely responses and more competitive business ability. Da Silveira (1999) developed a three phase methodology to implement a CM. The phases he devised are: Preparation (determination of objectives and constraints, customization of the environment), identification (data gathering, grouping, scaling, and aligning) and installation (planning, assignment, application and final adjustments).

Durmuşoğlu et al (2003) examined 207 manufacturing cells at 44 manufacturing firms, which are the leaders in their sectors in Turkey with international qualifications. As they report, the advantages achieved are enumerated by managers are as follows: Reduction of materials handling distances / times, increase in throughput, saving from process area, flow time reduction, reduction of WIP, reduction in setup times, decrease in scrap, production cost cut down, improvement in response time.

In the last years different metaheuristic methods have been used to solve the CF problems. Andrés & Lozano (2006) presents a population-based evolutionary computation technique based on a social behavior metaphor, namely particle swarm optimization (PSO) algorithm designed to address this problem. Islier (2005) and Kao & Fu (2006) developed Ant Colony Optimization (ACO) methodologies to solve the problem. Numerous Genetic Algorithm (GA), Simulated Annealing (SA) and Tabu Search (TS) techniques are also found in literature developed to solve CM problems.

3. PROBLEMS IN CMS AND RECOMMENDED SOLUTIONS

Above literature survey revealed several remarkable points related to CM design and implementation practices. Additionally some drawbacks of the paradigm and tools used in CM design became apparent. This section will address some clues to cope with the problems and some recommendation after itemizing of the remarkable points faced in current research.

3.1. Remarkable Points and Problems in Paradigm and Implementations

As seen from the discussions on previous section:

- Potential and real improvements brought by CMSs on materials handling, throughput, space utilization and flow time are considerably appreciated both by academicians and practitioners. So it is not possible to imagine a modern manufacturing system without prospects offered by CMSs.
- Anyhow success stories from real world are very limited compared to vast amount of theoretical study and high level of expectations.
- Each hypothetical study on CM covers only a very restricted part of the problem by disregarding of the whole view. Nevertheless each study is a minute but a stable step and a contribution to final solution.
- CMS design is not an isolated process. It is related with GT, JIT, FMS and even with Lean Manufacturing.
- GT is not a good starting point for a CMS implementation since it is based on shape similarities rather than process similarities in general. Anyway shape similarities provide incredibly valuable information for product design and drafting phase. This information and material may support parts and tooling standardization, save the unnecessary effort and time lost by repetitive work.
- A FMS is basically a manufacturing cell with central computer control plus computer controlled machines and materials handling system. Such systems are automation islands in shop level and they are considered as stepping stones to wholly automatic unmanned production systems. This impression leads to exaggerate the unrealistic expectations from CMSs.
- Theoretical studies are naturally based on lots of assumptions, idealizations and neglecting of many important issues of real world. This lead to successful but inapplicable models.
- On the other hand practical approaches overstate local improvements disregarding of a global approach. Kaizen in lean production scope especially is presumed as a traditional productivity improvement effort and used to

achieve prompt and confined results. Anyhow a systematic and full-blown approach is a must for a complete accomplishment.

- Another shortcoming of cell design procedures is to pay greater importance to cell independence than that of cell flexibility. Consequently life cycle of the cell is curtailed. In addition, starting of CM projects by low level targets reflects the short sighted expectations of firms (Durmusoglu et al, 2003).
- The role of incidence matrix in cell design is over emphasized. This tool orientates to an ‘either all or not’ understanding. Vague characteristic of real world is disregarded. Exceptional part and sheared machine problems are left unsolved. Subcontracting possibilities and using of potential machines are overlooked.
- Resource identities to be allocated into cells are taken as machines although there is no exact one to one correspondence between machines and capabilities. This consideration does not decrease the flexibility of assignment decisions only but it also cause unfavorable effects on machine utilization and investment costs.
- Developed algorithms decide on the number of cells by themselves, in general, without leaving any degree of autonomy to designers. In fact the resources, for instance, number of potential cell leaders is limited in most cases. In addition, the Law of Diminishing Marginal Returns is valid for number of cells, so decision makers might willing to form only the most promising cells. Furthermore risk aversive decision makers tend to gradual and prudent implementations.
- Cost of each cell implemented is most likely at the same order but benefit of each added cell diminish ever more, that is, system is saturated gradually so there should be a trade off between costs and benefits. Consequently a break even analysis should be done to determine the optimal number for cells. This number can be interpreted as an indication of rational level for interest on CMSs. A lower interest means lost of some opportunities while an immoderate enthusiasm lead to resource misuse.
- Unjustified dependence on conventional incidence matrix for CF entails to disregard other essential information like sequences, times and capacities. As a result potential opportunities from optimal number of machines and the favorable locations to place them are missed.
- CM implementation starts with a CMS design, in turn, it begins with a CF study. This step is based on incidence matrix which is formed by using of routing data. In fact routing data is inaccurate, vague and out of date in general. Alternative routings are disregarded as a general rule.
- Another problem is dynamic -even volatile- nature of production environment. Routing data are static, specifically; they reflect only an instantaneous picture of

the shop in general; even if that representation is precise. So more robust techniques are required to avoid from the effects of probable errors and changes in product mix, demands and routings. VM cells with distributed capabilities seem as a prospective solution to respond to that dynamic structure.

- Although some studies deal with other issues beyond CF such as intercell and intracell layouts, materials handling equipment selection and arrangement of storage units; administrative and managerial issues are mostly kept in the background.

- Human factors like effect of unions, teamwork, synergy, competition, incentive plans, and disabled people

are not sufficiently concerned. Environmental factors are also disregarded.

- Guidelines or a general purpose roadmap to switch to CM is not available for those who plan to switch to CM.

An old adage used for layout problems can be applied to CM problems as ‘CM problems look like birds, both their numbers and types are virtually infinite’. Consequently a unique roadmap, a unique approach, a unique model is not possible in fact. Anyhow a check list might be useful for practitioners. Such a list will also encourage the theoreticians for further studies. To reach such a list, CM related issues, controversies and problems faced in literature survey are brought together in Table 1.

Table 1. CM related issues and problems

ISSUES		ASPECTS
Category of studies		A vast majority of studies are theoretic Success stories from real life implementations are very rare
Realism of models		High degree of assumptions, facilitated the modeling but impeded the applicability
Contribution of theoretic studies		Incremental contributions by dealing with remarkably restricted hypothetical problems
Most dealt problem		Cell Formation
The most common tool		Incidence matrix
Insufficiencies of incidence matrix		Inflexible presentation (zero or one only) Completely independent manufacturing cells is very seldom Missing information (sequence, time, so on)
Implication of other contemporary manufacturing technologies	GT	Related to shape similarities rather than process similarities
	FMS	Leads to unrealistic expectations from CMSs
	JIT	Reduced WIP, decreased material handling, increased production control, and decreased scrap rate resemble to that of JIT.
	Lean Manufacturing	Prompt but confined results due to Kaizen like productivity improvement efforts. Overemphasizing of local improvements.
Similarity coefficients based methods		Claimed to be more flexible than other CF methods.
Criterion for groupability and goodness of groupings		Distribution of Jaccard coefficients for groupability. Efficiency -preferably- efficacy for goodness of groupings.
Means to augment groupability		Fuzzy clustering, subcontracting, considering of capabilities
Related operational aspects		Alternative routings, load variation
Aspects related with facilities		Materials handling systems, inter and intracell layouts, storage
Administrative factors		Unions, teamwork, incentive plans, synergy, competition
Grouping strategy		Fractal and capability based groupings are promising
Techniques employed		Meta heuristics are faster and more powerful
Computer aid		Compulsory in design and supportive in operation

3.2. Clues to Cope with the Problems and Some Recommendations

Modern manufacturing systems reached to a huge production capacity thanks to interchangeability concept. Anyhow this potential brought two contradicting problems to be solved for a successful production: Flexibility and

efficiency. CM is launched as a solution to that dilemma by searching of a trade off. At the moment, even we knew the right thing to do is a CM application to cope with that challenge; we also have to know the right way doing it. That is what this chapter aims to answer.

The first step in solving of a problem should be to investigate its relevance, its scope, the environment it takes place, existence of the appropriate data. The factors

related to firm culture, such as, understandings, behavior, doubts, expectations, trends, and so on, are also crucial factors in real life projects. Some questions to reveal these

key factors at the start of a CM project are given on Table 2.

Table 2. Questions to be answered in CM design and implementation

Concerns	Questions to be answered
Existence of the problem	Is a CM implementation unavoidable, necessary, useful, required, at least, feasible?
Scope of the problem	How many cells are rational? Is a gradual solution adequate?
Problem environment	Will the problem held in scope of GT, FMS, JIT or Lean Manufacturing?
Demand pattern	Is production stable in long range?
Routings	Is routing data precise and permanent? What about alternatives?
Machines	Are machines modular? Are capabilities defined?
Human resources	Are operators, especially leaders available?
Tooling	Will tooling shared or duplicated
Parts	Will all the part numbers subject to production? What about subcontracting?
Expectations	Are targets set forth? What about under and over expectations?
Capacity	Are loads and number of available machines known?
Space	Is available area sufficient as amount and quality?

A CM project is either completely, partly or conditionally feasible or infeasible. If it is infeasible there is no problem from CM design point of view since no attempt is in concern then. Complete feasibility on the other hand, seems to be an ideal but unusual case. A perfectly block diagonalized incidence matrix with an efficiency and efficacy of 1 resemble to that case. Incidence matrices in real life are not prone to give such perfect solutions. They are quite sparse and the entries of ones are not realistic.

Routing data is also questionable at the start. It may be erroneous, not updated, and alternative routings are not considered. An incidence matrix which displays a complete partition might be impressive. Or an improvement of efficacy in the order of ten thousands may be attractive for mathematicians. But appraisal of managers will be different.

One of the well known Murphy's Law states that 'Wisdom consists of knowing when to avoid perfection', so partial and conditional feasibilities should be examined well for a rational accomplishment rather than seeking of perfect mathematical solutions. Break even analysis is a simple but amazingly powerful tool to determine the reasonable scope of the problems in hand.

It will be appropriate to begin with a cell only. It is not difficult to determine the most favorable cell configuration. That cell will be so apparent to detect by using of any classical clustering technique. Partial solutions may incorporate overlapping projects too. At the implementation stage of the first cell, design of second one may commence. Each additional cell will improve the productivity lesser and lesser. Soon a point is reached where improvements by additional cells cease. This gradual implementation is also a conservative way to reduce the risk. Pitfalls detected more easily and

eliminated readily.

Conditional feasibility of CF then may necessitate the reexamination of routing data. Revised data may lead to a partial feasibility. Consideration of subcontracting and duplicating of cheap machines also release the grouping problem. Another way to deal with conditional feasibility is to consider non-conventional cell versions. Virtual and fractal cells and their derivatives are competent alternatives to be considered.

Virtual cells are physically easy to construct since no relocation is needed. They are not only practical but also robust. All the machines remain in their places so no relocation cost is suffered; only part assignments are changed. So VM cells are both practical and economical. In addition simulation studies proved their robustness. This is a crucial feature in dynamic environments of course.

Baykasoglu (2003) aims to locate each machine so that the distance to the following operation is minimized. In fact the following machine is a vague concept. Any part at any machine will require a different 'following machine'. Determination of 'next machine frequencies' may provide a better tool to design such systems.

Linguists study on a similar concept. In western languages a Q is most probably followed by a U, for example. In a similar way a hardening operation is most likely followed by a grinding. Another example might be the letter X and a packaging operation. There is virtually no word beginning with X similarly packaging as a first operation sounds very strange.

A 26 by 26 matrix prepared by examining of a large amount of text may give frequencies of letters to follow each other. A similar study may be done on production

operations. Here routings are replaced by words and operations are by letters. If routings are grouped by sector, location, season and so on, multiple but more uniform matrices are obtained. If these data structures, say frequency matrices, are used to locate the next operation, probably more successful layouts are obtained by employing of such a biased randomization.

Another alternative to conventional cells is the fractal

A	B	C	R	S	T
D	P	Q	U	Q	B
C	D	Q	P	R	S
S	A	T	D	B	D

Conventional Cells

A	B	P	Q	R	S
C	D	R	S	T	U
P	Q	P	Q	A	B
T	U	R	S	P	Q

Fractal Cells

A	B	C	D	P	Q
C	D	P	R	Q	S
T	U	C	D	P	Q
R	S	A	B	C	D

MCM Cells

Figure 2. Comparison of cell types

Multi Channel Manufacturing (MCM) can be thought of a linear version of fractal cells. Ozcelik (2001) and Ozcelik & Islier (2003) also considered the capacities and flows in MCM design. These systems are quite flexible and adaptive, since a part likely follow a different channel if a certain channel is blocked in real time. For instance, a part with a routing of CDPQ can be manufactured at the first, second or at the third channels (at three topmost rows) of the system shown at the right of figure 2. In addition, it is also possible to line up the machines to minimize materials handling costs.

Structure of fractal and MCM cells are not based on strict partition, that is, their ability in adapting to real life conditions are not restricted by the nature of incidence matrix, in contrary to conventional cells. So these non conventional cells would be more preferable in CM design. A similar shortcoming of incidence matrix is confronted in graph theoretic CM design methods since they are based mainly on graph partitioning techniques. Anyhow unconventional interpretations of nodes and edges may lend the powerful tool of graphs to researchers' service in solving of CF problems.

Fuzzy logic and multi dimensional incidence matrices are two other ways to avoid the accurate structure of incidence matrices. Fuzzy logic enables to use fractional values of membership functions in place of ones and zeros. Consequently the information there softens and gets more applicable.

Baykasogu & Gindy (2000), advocates to use Machine Capabilities as Resource elements in place of machines themselves, in formulating of CF problems. This is an innovative idea with a significant contribution potential. It would be better to define routings as capability sequences instead of machine sequences of traditional understanding in Process Design phase. A three dimensional matrix with dimensions resembling to parts, machines and capabilities may incorporate the data structure of a potential technique.

ones. Conventional cells, strictly share both the machines and the parts. In other words a part can be assigned to a certain cell only, whereas a part might be produced in more then one fractal cell. As depicted in Figure 2, same resources may be duplicated at different fractal cells. Replicated subgroups of AB, CD and PQ are in distinct cells as noticed at the center of figure 2. As an extreme case, some versions of fractal layouts consist of identical cells only.

Here parts maybe assigned directly to capabilities and indirectly to machines. This way of thinking may lead a higher flexibility and result in a higher success.

The last recommendation to mention is the power of Artificial Intelligence (AI) techniques to solve NP hard CF problems. Especially, Ant Colonies Optimization (ACO) is apt to solve the problems related to objects in motion by its ability to accumulate and share the information gained from experience. Islier (2005) verified superiority of that technique to other AI techniques in CF problems. As known, ACO simulates behavior of ant colonies in their struggle to survive. Consequently a new technique where parts are resembled by ants and machines are resembled by nests or food sources might be developed as a more powerful CF technique.

Nesting of various AI procedures into a larger general purpose CF program will increase the benefits obtained from cell design approaches, AI techniques and computers simultaneously. Tsai & Lee (2006) already announce such a general purpose model which offers the suitable modules that include the different objective functions and constraints for user to solve the related problem. This model or an equivalent of it might be used as the prototype of a meta-program, designed collectively to support the problem solving efforts of CM community members.

4. FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

Since the majority of present research is on theory, the major need is to understand the industrial reality surrounding CM, through additional, and more rigorous empirical research. (Nomden et al 2006). Most opportunities for future research are in the extension of testing more proactive versions of CM cells, incorporation of material handling and human aspects.

Decisive step towards more successful implementations

seem to be to violate the non-natural restrictions of basic CF tool, namely, the incidence matrix. Fuzzy entries or extended data structures covering machine capabilities are potential means. Upcoming versions of CF techniques probably assign parts to capabilities, not to machines directly.

The consideration of new layout types is also very promising. Fractal structures are not thoroughly investigated yet. New prospective versions will not only improve but may radically alter our understandings of CM and change our expectations, too. MCM with its proven success might be a starting point for such an investigation.

Sequencing, scheduling, dispatching and expediting of parts as well as machine set up and operation sequencing are the issues which are not explored thoroughly. Developing of related strategies and their validation with simulation studies and pilot applications may be an enlightening endeavor. In addition, foundation of a computer based control systems to monitor the production without human interference is another subject open to be investigated.

Enormous diversity of CM problems is the major challenge for practitioners. An open structured multi purpose meta-program reflecting of that multi facet, dynamic, multi criteria, multi decision maker nature of CM design and implementation problem may provide an appropriate problem solving environment. Such a program can be developed on WEB environment by contribution of CM community members, prone to be expanded continuously. Commercial programs are prepared professionally but they are closed to users' interference and contributions, by their nature. Consequently their adaptability is quite limited. So an amateur deal will not light the way only but will also promote the professional efforts. A site encompassing such facilities as, information, archive and links may also provide a proper environment to communicate.

Real time control of production cells is another domain where the ability of computers is not fully utilized yet. Especially MCM like applications require close on line control to utilize the resources more efficiently. A model to reflect the objectives and instantaneous constraints as well as peripheral units to transfer data are needed for such a control. Bar code or radio frequency like equipment is necessary to avoid probable errors of manual data input.

5. CONCLUSION

Production is an essential tool to survive and improve for human beings. Production systems meanwhile urge a simultaneous efficiency and flexibility for their success and long-term survival. CM is one of the means to get a trade off between those two requirements. Anyhow CM is not a widespread practice yet. The aim of this chapter was to examine the literature to detect the shortcomings of present concepts, techniques and paradigm of CM to offer

clues and better tools for further success stories.

A general assessment of the past studies revealed the following facts:

- Papers on real world applications are quite rare.
- Studies are heavily relied on defective routing data and a restrictive tool of incidence matrix.
- General engineering problem solving procedure is not followed by practitioners, in general.
- Complete partition is sought; non conventional CM versions are not acknowledged enough.
- Machine and capability is thought of two identical concepts.
- Power of AI techniques is not credited as they worth.

Consequently an encouragement to try the non-familiar concepts like capability, VM and distributed manufacturing is a must. Making the practitioners aware on emerging CM versions, especially VM and MCM, as well as on the might of computers, real time solutions and AI techniques is another deal. In fact a paradigm shift is required to exclude conventional concepts of incidence matrix, block diagonalization and complete partition,

An offer as Ten Commandments of CM design and implementation is as follows to conclude the subject:

- CM may be the solution you sought.
- You shall not deal with non existent or insignificant problems.
- You shall eat the elephant bit by bit.
- You shall not disregard the problem environment.
- Routing data shall be valid, updated, together with related data and alternatives.
- You shall not urge for a complete partition.
- You shall rely on capabilities rather than machines.
- You shall try new CM versions.
- You shall not forget the use of AI techniques, computer support and WEB opportunities.
- You shall not overlook both the internal and external neighborhoods.

References

- Ahi, A., Aryanezhad, M. B., Ashtiani, B. & Makui, A. (2009.) A novel approach to determine cell formation, intracellular machine layout and cell layout in the CMS problem based on TOPSIS method. *Computers & Operations Research*, 36, 1478 – 1496.
- Akturk, M. S. & Yayla, H. M. (2006). Management of product variety in cellular manufacturing systems. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 17, 93–117.
- Ameli, M. S. J. & Arkat, J. (2008). Cell formation with alternative process routings and machine reliability consideration. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35, 761–768.
- Andrés, C. & Lozano, S. (2006). A particle swarm optimization algorithm for part-machine grouping. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2, 468–474.
- Andrés, C., Lozano, S. & Diaz, B. A., (2007). Disassembly sequence planning in a disassembly cell context. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23, 690–695.
- Angra, S., Sehgal, R. & Noori, Z. S. (2008). Cellular manufacturing—A time-based analysis to the layout problem. *International Journal of Production Economics*, 112, 427–438.
- Arkat J., Saidi, M. & Abbasi, B. (2007). Applying simulated annealing to cellular manufacturing system design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32, 531–536.
- Baykasoglu, A. (2003). Capability-based distributed layout approach for virtual manufacturing cells. *International Journal of Production Research*, 41(11), 2597–2618.
- Baykasoglu, A. & Gindy, N. (2000). MOCACEF 1.0: Capability based approach to form part-machine groups for cellular manufacturing applications. *International Journal of Production Research*, 38(5), 1133–111161.
- Bhandwale, A. & Kesavadas, T. (2008). A methodology to incorporate product mix variations in cellular manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19, 71–85.
- Braglia, M., Gabbriellini, R. & Micon, D. (2001). Material Handling Device Selection in Cellular Manufacturing. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 10, 303–315.
- Burbidge, J. L. (1992). Change to group technology: Process organization is obsolete. *International Journal of Production Research*, (30)5, 1209–1219.
- Chakravorty, S. S., & Hales, D. N. (2008). The evolution of manufacturing cells: An action research study. *European Journal of Operational Research*, 188, 153–168.
- Chan, F. T. S., Lau, K. W., Chan, L. Y. & Lo, V. H. Y., (2008). Cell formation problem with consideration of both intracellular and intercellular movements. *International Journal of Production Research*, 46(10), 2589–2620.
- Chandrasekharan, M. P. & Rajagopalan, R. (1989). GROUPABILITY: an analysis of the properties of binary data matrices for group technology. *International Journal of Production Research*, (27), 1035–1052.
- Clegg, C. W., Wall, T. D., Pepper, K., Stride, C., Woods, D., Morrison D., Corder, J., Couchman, P., Badham, R., Kuenzler, C., Grote, G., Ide, W., Takahashi, M. & Kogi, K. (2002). An International Survey of the Use and Effectiveness of Modern Manufacturing Practices. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 12 (2), 171–191.
- Copuroglu, H. (2000). *Total planning of parts, fixtures and tools for cellular manufacturing*. Unpublished master's thesis, Eskisehir Osmangazi University, Turkey.
- Da Silveira, G. (1999). A methodology of implementation of cellular manufacturing. *International Journal of Production Research*, 37(2), 467–479.
- Das, K., Lashkari R. S. & Sengupta, S. (2007). Machine reliability and preventive maintenance planning for cellular manufacturing systems. *European Journal of Operational Research*, 183, 162–180.
- Dawson, P. (2005). Changing Manufacturing Practices: An Appraisal of the Processual Approach. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 15 (4), 385–402.
- Defersha, F. M. & Chen, M. (2006). A comprehensive mathematical model for the design of cellular manufacturing systems. *International Journal of Production Economics*, 103, 767–783.
- Durmusoglu, M. B., Kulak, O., & Balci, H. H., (2003). Analysis and Evaluation of CM Practice in Turkey (in Turkish). *Endüstri Muhendisligi Dergisi*, 14 (2), 2–20.
- Heragu, S. S. (1994). Group technology and cellular manufacturing. *Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 24(2), 203–215.
- Hu, G. H., Chen, Y. P. & Zhou, Z. D. & Fang, H. C. (2007). A genetic algorithm for the inter-cell layout and material handling system design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 34, 1153–1163.
- Irani, S. A. & Huang, H. (2006). Cascading flow lines and layout modules: Practical strategies for machine duplication in facility layouts. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 17, 119–149
- Isluer, A. A. (2000). Dynamic layout for dynamic production. *Otomasyon*, 11, 64–68.
- Isluer, A. A. (2005). Group technology by an ant system algorithm. *International Journal of Production Research*, 43 (5), 913–932.
- Kamrani, A. K. & Parsei, H. R. (1992). A methodology for forming manufacturing cells using manufacturing and design attributes. *Computers and Industrial Engineering*, 23(1), 73–76.
- Kao, Y. & Fu, S. C. (2006). An ant-based clustering algorithm for manufacturing cell design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28, 1182–1189.
- Kizil, M., Ozbayrak, M. & Papadopoulou, T. C. (2006). Evaluation of dispatching rules for cellular manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28, 985–992.
- Koufteros, X. & Marcoulide, G. A. (2006). Product development practices and performance: A structural equation modeling-based multi-group analysis. *International Journal of Production Economics*, 103, 286–307.
- Kumar, A. (2004). Mass Customization: Metrics and Modularity. *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 16, 287–311.
- Kumar, C. S. & Chandrasekharan, M.P., (1990). Grouping efficacy: a quantitative criterion for goodness of block diagonal forms of binary matrices in group technology. *International Journal of Production Research*, (28), 233–243.
- Kumar, K. R. & Vannelli, A. (1987). Strategic subcontracting for efficient disaggregated manufacturing. *International Journal of Production Research*, 25(2), 1715–1728.
- Kwok, M. (1992). Manufacturing System Design for the Industrial Engineer. *Industrial Engineering*, (93), 35–39.
- Lei, D. & Wu, Z. (2006). Tabu search for multiple-criteria manufacturing cell design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28, 950–956.
- Mahdavi, I. & Mahadevan, B. (2008). CLASS: An algorithm for cellular manufacturing system and layout design using sequence data. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24, 488–497.
- Mahesh, O. & Srinivasan, G. (2006). Multi-objectives for incremental cell formation problem. *Annals of Operations Research*, 143, 157–170.

- Manning, W. & Jensen, J. (2006). Evaluating the shop-wide performance effect of pooling synergy with analytical models. *European Journal of Operational Research*, 175, 1009–1020.
- Mansour, S. A., Husseini, S. M. & Newman, S.T. (2000). A review of modern approaches to multi-criteria cell design. *International Journal of Production Research*, 38(5), 1201-1218.
- Marsh, R. F., Shafer, S. M. & Meredith, J. R. (1999). A Comparison of Cellular Manufacturing Research Presumptions with Practice. *International Journal of Production Research*, 37(14), 3119-3138.
- Maslow, A. H. (1943). A Theory of Human Motivation, *Psychological Review*, 50(4), 370-396.
- Mehrabad, M. S. & Safaei, N. (2007). A new model of dynamic cell formation by a neural approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33, 1001–1009.
- Montreuil, B., Venkatadri, U. & Rardin, R. L., (1999). Fractal layout organization for job shop environments. *International Journal of Production Research*, 37, 501–521.
- Murugan, M. & Selladurai, V. (2007). Optimization and implementation of cellular manufacturing system in a pump industry using three cell formation algorithms. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 35, 135–149.
- Nomden, G. & van der Zee, D. J. (2008). Virtual cellular manufacturing: Configuring routing flexibility. *International Journal of Production Economics*, 112, 439–451.
- Nomden, G., Slomp, J. & Suresh, N. C. (2006). Virtual manufacturing cells: A taxonomy of past research and identification of future research issues. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 17, 71–92.
- Ozcelik, F. & Islier, A. A. (2003). Novel approach to multi-channel manufacturing system design. *International Journal of Production Research*, 41(12), 2711-2126.
- Ozcelik, F. (2001). *Layout planning for multi channel manufacturing*, Unpublished master's thesis, Eskisehir Osmangazi University, Turkey.
- Park, K. S. & Han, S. W. (2002). Performance Obstacles in Cellular Manufacturing Implementation—Empirical Investigation. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 12 (1), 17–29.
- Pattanaik, L. N. & Sharma, B. P. (2009). Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42, 772–779.
- Pattanaik, L. N., Jain, P. K. & Mehta, N. K. (2007). Cell formation in the presence of reconfigurable machines. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 34, 335–345.
- Reisman; A., Kumar; A., Motwani; J. & Cheng, C. H. (1997). Cellular manufacturing: A statistical review of the literature (1965-1995). *Operations Research*, 4 (4), 508-521.
- Saad, S. M. & Lassila, A. M. (2004). Layout design in fractal organizations. *International Journal of Production Research*, 42 (17), 3529–3550.
- Safaei, N., Mehrabad, M. S. & Babakhani, M. (2007). Designing cellular manufacturing systems under dynamic and uncertain conditions. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 18, 383–399.
- Sarker, B. R. & Yu, J. (2007). A quadra-directional decomposition heuristic for a two-dimensional, non-equidistant machine-cell location problem. *Computers & Operations Research*, 34, 107–151.
- Satoglu, S. I., Durmusoglu M. B. & Dogan, I. (2006). Evaluation of the conversion from central storage to decentralized storages in cellular manufacturing environments using activity-based costing. *International Journal of Production Economics*, 103, 616–632.
- Siemiakowski, M. & Przybylski, W. (2007). Modelling and simulation analysis of process alternatives in the cellular manufacturing of axially symmetric parts. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32, 516–530.
- Singh, N. (1993). Design of cellular manufacturing systems: An invited review. *European Journal of Operations Research*, 69(3), 284-291.
- Spiliopoulos, K. & Sofianopoulou, S. (2008). An efficient ant colony optimization system for the manufacturing cells formation problem. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36, 589–597.
- Sujono, S. & Lashkar, R. S. (2007). A multi-objective model of operation allocation and material handling system selection in FMS design. *International Journal of Production Economics*, 105, 116–133.
- Tsai, C. C. & Lee, C.Y. (2006). Optimization of manufacturing cell formation with a multi-functional mathematical programming model. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 30, 309–318.
- Venkatadri, U., Rardin, R. L. & Montreuil, B., (1997) A design methodology for fractal layout organization. *IEE Transactions*, 29, 911–924.
- Wemmerlov, U. & Hyer, N. L. (1989). Cellular manufacturing in the U.S. industry: A survey of users. *International Journal of Production Research*, 27(9), 1511–1530.
- Wemmerlov, U. & Johnson, D. J. (2000). Empirical findings on manufacturing cell design. *International Journal of Production Research*, 38(3), 481–507.
- Won, Y. & Currie, K. R. (2006). An Effective P-median Model Considering Production Factors in Machine Cell Part Family Formation. *Journal of Manufacturing Systems*, 25(1), 58-64.
- Wu, X., Chu, C. H., Wang, Y. & Yan, W. (2007). A genetic algorithm for cellular manufacturing design and layout. *European Journal of Operational Research*, 181, 156–167.
- Yang, M. S., Hung, W. L. & Cheng, F. C. (2006). Mixed-variable fuzzy clustering approach to part family and machine cell formation for GT applications. *International Journal of Production Economics*, 103, 185–198.
- Yin, Y. & Yasuda, K. (2006). Similarity coefficient methods applied to the cell formation problem: A taxonomy and review. *International Journal of Production Economics*, 101, 329–352.
- Yin, Y. (2009). The economic cell number. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 44, 625–630.



2015.03.02.OR.03

COMPARISON OF PERIODIC-REVIEW INVENTORY CONTROL POLICIES IN A SERIAL SUPPLY CHAIN

Nihan KABADAYI*

Timur KESKİNTÜRK†

*Dr., Faculty of Business Administration, Production Management Department, İstanbul University, İstanbul
Assoc. Prof. Dr., Faculty of Business Administration, Quantitative Methods Department, İstanbul University, İstanbul*

Received: 23 October 2015

Accepted: 25 December 2015

Abstract

Supply chain management provides customers with the right product or service at a reasonable price, in the right place, at the right time, and with the best quality possible, thus increasing customer satisfaction. The inventory is held at the multiple sites in a supply chain. Effective and efficient management of inventory in the supply chain process has a significant impact on improving the ultimate customer service provided to the customer. Reducing inventory cost, which is a major part of total supply chain costs, will help provide products or services at a better price. This study aims to compare (R, S) and (R, S, Qmin) inventory control policies in a serial supply chain. We develop a simulation based genetic algorithm (GA) in order to find the optimal numerical "S" value that minimizes the total supply chain cost (TSCC) and compare our results between two methods.

Keywords: Supply Chain Management, Inventory Management, Simulation-based Genetic Algorithm.

Jel Code: M11

SERİ TEDARİK ZİNCİRİNDE PERİYODİK STOK KONTROL POLİTİKALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Özet

Tedarik zinciri yönetimi, doğru ürün veya hizmetlerin mümkün olan en iyi kalitede, doğru zamanda, doğru yerde ve uygun fiyatlı olarak müşterilere sunulmasını sağlamakta ve bu sayede müşteri tatmininin artırılmasına yardımcı olmaktadır. Tedarik zinciri içerisinde farklı kademelerde stok bulundurulmaktadır. Tedarik zinciri sürecinde etkili ve etkin bir stok yönetimi, müşterilere sunulan hizmetleri iyileştirilmesini sağlamaktadır. Tedarik zinciri maliyetlerinin içerisinde önemli bir paya sahip olan stok maliyetlerinin azaltılması ürün veya hizmetlerin daha uygun fiyatlarla müşterilere sunulmasına yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada seri tedarik zincirinde, (R,S) ve (R, S, Qmin) stok kontrol politikalarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu stok kontrol yöntemleri uygulandığında, toplam tedarik zinciri maliyetlerinin minimize edilmesini sağlayan "S" değerinin optimal değerini bulabilmek için simülasyon temelli genetik algoritma (GA) kullanılmış ve iki stok kontrol politikasının uygulanmasının sonuçları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Tedarik Zinciri Yönetimi, Stok Yönetimi, Simülasyon Temelli Genetik Algoritma

Jel Kodu : M11

1. INTRODUCTION

In today's global economy, firms need to manage their supply chains effectively, in order to survive in the

markets and gain competitive advantage in the growing markets where customer expectations have been rising. Supply chain management aids companies reduce their costs, represent the products in right times, right amounts and right places by performing in better and faster

* nihank@istanbul.edu.tr (Corresponding author)

† tkturk@istanbul.edu.tr

conditions, thus getting the advantage against their competitors.

Supply chain management is very different than the management of one site. The inventory stockpiles at the multiple sites, including both incoming materials and finished products, have complex interrelationships. Effective and efficient management of inventory in the supply chain process has a significant impact on improving the ultimate customer service provided to the customer (Lee and Billington, 1992).

In order to satisfy customer demand timely, firms need to hold the right amount of inventory. While inventory can protect firms against unpredictable market conditions, can be very costly in a supply chain. Given the primary goal of reducing system-wide cost in a typical supply chain; it is important to take a close look at interaction between different facilities and the impact it has on the inventory policy that should be employed by each facility (Simchi-Levi et al., 2000).

The main contribution of this paper is two-fold; first, to develop the simulation part of the solution methodology using the Microsoft Excel spreadsheet for the sake of implementation simplicity and second, to implement (R, S, Qmin) inventory policy developed by Keismüller et al. (2011) in a serial supply chain and compare it with the classic (R, S) policy. We use simulation based GA to determine “S” numerical value which will minimize the TSCC. In this model, the TSCC consists of two cost components, which are holding and shortage costs. The remainder of the paper is organized as follows. Section 2 considers inventory control in multi echelon systems and describes two corresponding inventory control policies, which are used in this study. In section 3, the solution methodologies are defined. In section 4, the numerical example is presented to test the performance of those policies. Lastly, conclusions are summarized in section 5.

2. INVENTORY CONTROL IN MULTI ECHELON SYSTEMS

Inventory has a significant role in a supply chain’s ability to support a firm’s competitive strategy. If a very high level of responsiveness is required by the firm’s competitive strategy, this can be achieved by locating large amounts of inventory close to the customer. On the other hand, a company can use inventory to become more efficient by reducing inventory through centralized stocking. The responsiveness that results from more inventory and the efficiency that results from less inventory is the main trade-off implicit in the inventory driver (Chopra and Meindl, 2010).

Finding the best balance between such goals is often trivial, and that is why we need inventory models. In most situations some stock is required. The two main factors are economies of scale and uncertainties. “Economies of

scale” means we need to order in batches. Uncertainties in supply and demand together with lead- times in production and transportation inevitably create a need for safety stocks. Organizations can reduce their inventories without increasing other costs by using more efficient inventory control tools (Axsater, 2006).

Multi-echelon inventory models are central to supply chain management. The multi-echelon inventory theory began when Clark and Scarf (1960) published their seminal paper (Chen, 1999). Clark and Scarf (1960) consider multi-echelon inventory systems for the first time in their study and they also use simulation to evaluate corresponding dynamic inventory model. Their study is a starting point for an enormous amount of publications on multi-echelon systems.

There are two different decision systems used in multi echelon inventory systems and those are centralized decision system (echelon stock) and decentralized decision system (installation stock). Decentralized decision systems only require local inventory information, while centralized systems require centralized demand information (Chen, 1999). The centralized decision system, in which an optimal decision to send a batch from one site to another, may depend on the inventory status at all sites and has several disadvantages. In order to use that kind of a decision system, the firm needs to spend an additional cost for data movement despite the advanced information technology. In addition to this, it is difficult to derive complete general centralized policies. As a result of this, it is more suitable to limit the degree of centralization (Axsater, 2006). On the other hand, relatively independent organizations often control their inventory systems and make their own replenishment decisions, since different facilities are normally situated at locations far from each other in a supply chain (Petrovic et al., 1998; Axsater, 2006). Decentralized decision system does not require any information about the inventory situation at other sites and it is not necessary to explicitly keep track of the stocks at the downstream installations. These are the obvious advantages of this type of decision systems. (Axsater and Rosling, 1993).

It is natural to think of the physical stock on hand when talking about the stock situation. However, stock on hand cannot be the sole determinant in ordering decision. The outstanding orders that have not yet been delivered should also be included in the equation. Therefore, the stock situation is characterized by the inventory position in inventory control.

Inventory position = stock on hand + outstanding orders – backorders

Inventory control models that are subject to uncertainty have two types: periodic review and continuous review. In periodic review, the inventory level is known only at discrete points in time, whereas, in continuous review, the

inventory level is known at all times (Nahmias, 2009). In this study, periodic review inventory control policies are considered.

2.1. Periodic review, (R,S) Inventory control policy

This system is commonly seen when companies order from the same supplier, or have shared resources. The control procedure is that every “R” units of time (that is, at each review instant), enough inventory is ordered to raise the inventory position to the level “S”, which is a desirable property when the demand pattern is changing with time. The disadvantage of (R, S) system is that it has higher carrying costs than continuous review systems. A typical behavior of this type of system is shown in Figure 1 (Silver et al., 1998).

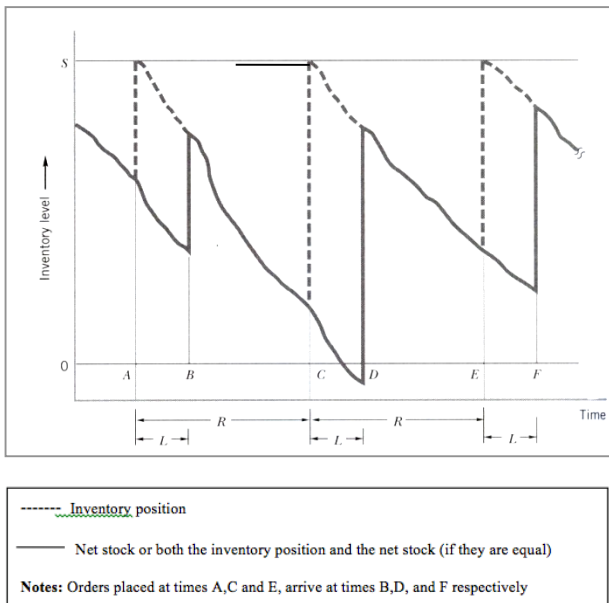


Figure 1. The (R,S) system

Most of the time, “R” and “S”, two decision variables, are not independent, that is, the best value of “R” depends on the “S” value, and vice versa. Assuming that “R” has been predetermined without knowledge of the “S” value is still quite reasonable for practical purposes when dealing with B items (Silver et al., 1998). In this study, we assume that the value of “R” is predetermined.

2.2. (R, S, Q_{min}) Inventory control policy

This simple periodic review policy, called (R, S, Q_{min}) is proposed by Keismüller et al. (2011). In this policy, the inventory position is monitored every “R” units of time and if the inventory position is above the level “S”, then no order is placed. In case the inventory position is below the level “S”, an amount of order is placed which equals or exceeds Q_{min} (minimum order size). An amount larger than Q_{min} is ordered if the minimal order size Q_{min} is not sufficient to raise the inventory position up to level S. This

policy is a special case of (R, s, t, Q_{min}) policy which is developed by Zhou et al. (2007) where s=S-Q_{min} and t=S-1 (Keismüller et al., 2011).

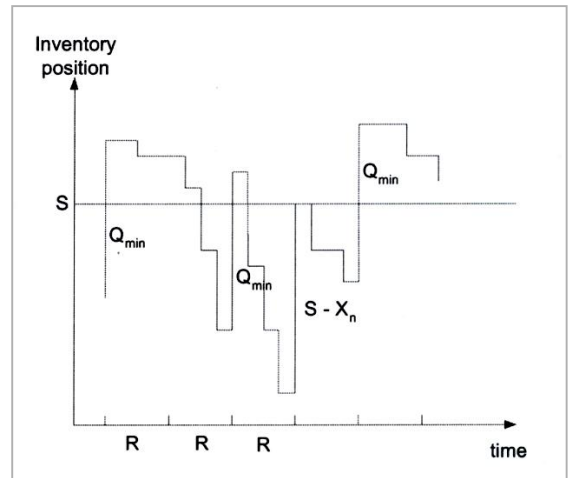


Figure 2. The (R,S,Q_{min}) policy (lead time equal to zero)

If the demand is always larger than the minimum order quantity, which may happen in case of small values of Q_{min}, then the order constraint is not restrictive anymore and in that case, the (R, S, Q_{min}) policy is similar to a base-stock level policy (R,S) with base-stock level S. For large values of Q_{min} the parameter S functions as a reorder level only, the policy is equal to an (R, s, Q_{min}) policy with a reorder level s.

Kiesmüller et al. (2011) prove that the proposed policy is simple to compute and it has an efficient cost performance, which is close to the more sophisticated two-parameter policy developed by Zhou et al. (2007). Although the proposed policy cannot derive better solutions than (R, s, t, Q_{min}) policy in terms of the cost (since it is a special case of that policy), it is still practical with its computational simplicity.

3. SOLUTION METHODOLOGY

3.1. Genetic Algorithm

Genetic algorithm (GA) is a mathematical search technique based on the principles of natural selection and genetic recombination, which is firstly proposed by Holland (1975) (Chambers, 1995). The original motivation for the GA approach was a biological analogy. In the selective breeding of plants or animals, for example, offspring that have certain desirable characteristics are sought characteristics that are determined at the genetic level by the way the parents’ chromosomes are combined. In the case of GAs, a population of strings is used, and these strings are often referred to in the GA literature as *chromosomes*, while the decision variables within a solution (chromosome) are *genes*. The recombination of strings is carried out using simple analogies of genetic

crossover and mutation, and the search is guided by the results of evaluating the objective function (f) for each string in the population. Based on this evaluation, strings that have higher fitness (i.e., represent better solutions) can be identified, and these are given more opportunity to breed (Glover and Kochenberger, 2003).

The GA search starts with the creation of a random initial population of N individuals that might be potential solutions to the problem. Then, these individuals are evaluated for their so-called fitnesses, i.e. of their corresponding objective function values. A mating pool of size N is created by selecting individuals with higher fitness scores. This created population is allowed to evolve in successive generations through the following steps (Marseguerra et al., 2002):

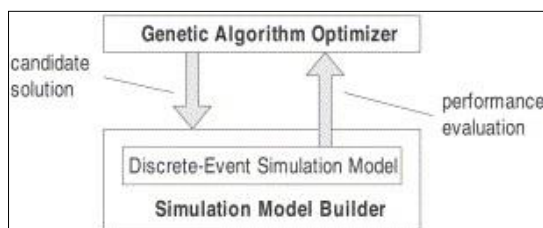
1. Selection of a pair of individuals as parents;
2. Crossover of the parents, with generation of two children;
3. Replacement in the population, so as to maintain the population number N constant;
4. Genetic mutation.

The genetic operators of crossover and mutation are applied at this stage in a probabilistic manner which results in some individuals from the mating pool to reproduce (Chambers, 1995). In general, the parent selection is fitness proportional and the survivor selection is a generational replacement. The crossover operator is based on exchange of sub trees and the mutation is based on random change in the tree (Talbi, 2009). Setting values for various parameters, such as crossover rate, population size, and mutation rate is a critical process in implementing a GA (Mitchell, 1998).

GAs are stochastic search methods that could in principle run for ever, unlike simple neighborhood search methods that terminate when a local optimum is reached. In practice, a termination criterion is needed; common methods are to set a limit on the number of fitness evaluations or the computer clock time, or to track the population's diversity and stop when this falls below a certain threshold (Glover and Kochenberger, 2003).

3.2. Simulation Based Genetic Algorithm

Simulation is proved to be one of the best means to analyze and deal with stochastic facets existing in supply chain. Its capability of capturing uncertainty, complex system dynamics and large-scale systems makes it very



well suited for supply chain studies. It can help the optimization process by evaluating the impact of alternative policies (Ding et al., 2006).

Figure 3. The simulation based optimization framework

Simulation is preferred to compute numbers for real world situations. Simulation successfully handles certain flexibility that decision makers would prefer. A validated simulation has a better chance of being accepted by end users compared to complicated models (Kapuscinski and Tayur, 1999).

The objective function and constraints are replaced by one or more discrete event simulation models in simulation optimization. Decision variables are the conditions the simulation is run under, and the performance measure becomes one (or a function of several) of the responses derived by a simulation model. Simulation optimization techniques have generally been applied to systems where the decision variables are quantitative and associated with the amount of some resources available in the model (Azadivar and Tompkins, 1999).

A general simulation-based optimization method includes two essential components: an optimization module that guides the search direction and a simulation module that is used to evaluate performances of candidate solutions (network configuration + operational rules and parameters). In comparison with MP techniques, simulation-based optimization methods employ one or more simulation models as a replacement to the analytical objective function and constraints. The decision variables are the conditions under which the simulation is run. Iterative output of the simulation is used by the optimization module to provide feedback on progress of the search for the optimal solution (Ding et al., 2006).

In industrial applications, several search algorithms such as, pattern search, simplex, simulated annealing and GA, have been linked with simulation. These search algorithms successfully bring simulation model to near-optimal solutions. Developed algorithms in the literature showed that GA has the capability to robustly solve large problems and problems with nonnumeric variables. It performed well over the others in solving a wide variety of simulation problems (Ding et al., 2006). Thus, in this study we will consider these systems as a combination of GA and simulation.

4. NUMERICAL EXAMPLE

4.1. The Model

We consider a four stage serial supply chain in which random customer demand occurs at stage 1, retailer; stage 1 orders from stage 2, distributor; stage 2 orders from stage 3, manufacturer; stage 3 orders from stage 4, supplier; and

stage 4 orders from an outside raw material supplier that has unlimited supply.

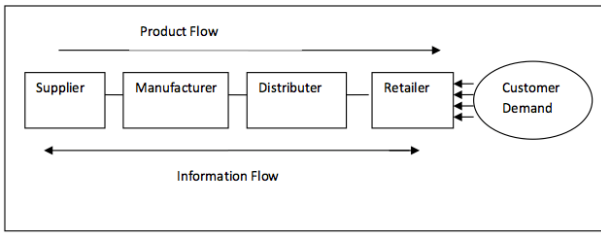


Figure 4. Serial Supply Chain Model

We develop a simulation based genetic algorithm (GA) in order to find the optimal numerical "S" value that minimizes the total supply chain cost (TSCC), comprising holding and shortage costs, and compare our results between two inventory control methods. Simulation is used to evaluate "S" numerical values generated by the GA.

The objective function of the problem can be formulated as below.

Min (Total Supply Chain Cost) =

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N (h_i I_{i,t} + b_i B_{i,t})$$

- h_i = unit inventory holding cost at member i
($i=1$ to N)
- $I_{i,t}$ = the quantity of on hand inventory at member i
($i=1$ to N)
- b_i = unit shortage cost at member i
($i=1$ to N)
- $B_{i,t}$ = the quantity of backordered inventory at member i
($i=1$ to N)
- L_i = replenishment lead time with respect to member i
($i=1$ to N)
- $D_{i,t}$ = demand per unit time at member i
($i=1$ to N)

In this study, we use a four-stage serial supply chain model, which is developed by Daniel and Rajendran (2005). The assumptions of the model are given below.

- There is no lead time for information or order processing, however, there is a combined lead time consisting of processing and transportation at each stage and it is called replenishment lead time. Every member has its respective replenishment lead time and they are 1, 3, 5, 4 days respectively for retailer, distributor, manufacturer and supplier.
- When there is enough on-hand inventory to meet the order of the downstream member, the demand is fully replenished. Otherwise, the unsatisfied demand is backlogged, in other words, placed in the back-order queue.

- Every member has infinite capacity.
- The most downstream member, retailer, faces random customer demand, which is assumed to be constant.
- The source of supply of raw materials to the most upstream member, supplier, has infinite raw material availability.

4.2. Application of the inventory control policies

We aim to observe different impacts of the relative inventory control policies in terms of cost reduction on a specific serial supply chain model.

(R,S) inventory control policy application

Inventory level at every member is periodically monitored and if the relative inventory position falls below the pre-specified "S" level, a replenishment order is placed for a quantity that will bring the inventory position back to the pre-specified "S" level. Base-stock level at every member in the supply chain takes integer values.

(R, S, Q_{min}) inventory control policy application

In this policy, the inventory position is monitored periodically and if the inventory position is above the level "S", then no order is placed. In case the inventory position is below the level "S", an amount of order is placed which equals or exceeds Q_{min} (minimum order size). An amount larger than Q_{min} is ordered if the minimal order size Q_{min} is not sufficient to raise the inventory position up to level S.

Since (R,S, Q_{min}) policy differs most from the order-up-to policy (R,S) or fixed order size policy (R,s,Q) when the numerical values of Q_{min} is close to the mean period demand, a non-dimensional parameter, $m=Q_{min}/ E [D]$, is introduced. In our study, we assume that Q_{min} value is predetermined and it is 38 for all supply chain members while $m=0.95$.

4.3. Proposed Solution Methodology

Simulation-based GA is used as an experimental method to evaluate the models performance. The supply chain simulation is run for given customer demands generated from a uniform distribution for a specified run length over which the statistic TSCC is collected. Random customer demand is generated uniformly within the range [20, 60] per unit time. Simulation experiments are carried out with a run length of 1200 days and TSCC is noted.

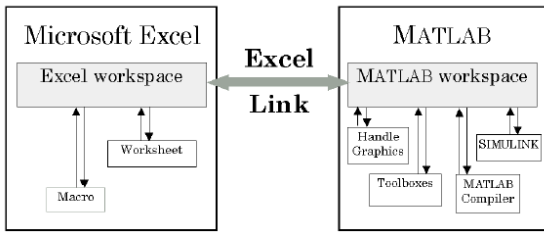


Figure 5. Excel Link

The GAtool in MATLAB 7 is used to run the GA. We generate an Excel Link between MATLAB and Microsoft Excel in order to evaluate the performance of the “S” values which are generated by GA and we make a decision about which members of one generation are forced to leave the population in order to make room for an offspring to compete. Additionally, we derive 100 different uniform random number sets and take the average of the objective function (TSCC_k) value which is obtained through simulation in order to avoid computational errors that might arise due to the usage of random numbers. A macro is developed in Excel to calculate the average of the objective function (TSCC_k) value. Thus, GA derives the “S” values and sends them to the Excel simulation as an input data and the output data of the simulation which is the fitness value (f_k) of the chromosome, is sent to GA as an input data.

Chromosome representation: This study uses gene-wise chromosome representation. Each chromosome is coded with a set of “S” values representing every member in the chain. In the numerical example, string length is taken as four and each gene in a chromosome represents the respective installation’s “S” value as shown below in figure 6.

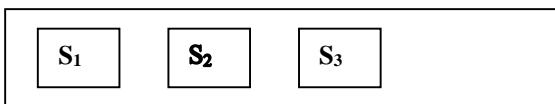


Figure 6. Chromosome representation

Initial Population Generation: The initial population is created by the following procedure:

$$S_i^{UL} = \text{Max } D_{i,t} * \text{Max } L_i$$

$$S_i^{LL} = \text{Min } D_{i,t} * \text{Min } L_i$$

A random number between [20,780] is generated, which is assigned as the “S” value for that member and same procedure is repeated for the remaining members. For the retailer considered in this model, the maximum and minimum customer demands are 60 and 20 per unit time respectively. The minimum replenishment lead time is predetermined as 1 day for the retailer. However, if the distributor doesn’t have enough on hand inventory at the time, to fulfill the order of retailer, the lead time will be longer than 1 day. And, in case all upstream members don’t have enough on hand inventory, the replenishment

lead time for retailer will be the maximum replenishment lead time, which is the sum of replenishment lead times of the retailer, the distributor, the manufacturer, and the supplier, i.e. 13 days. (i. e. 1+3+5+4 days) Therefore, the initial “S” value for retailer is generated randomly between [20, 780]. According to that procedure, the lower limit and upper limit vectors [S_i^{UL}, S_i^{LL}] for all supply chain members are determined as [20 60 100 80] and [780 720 540 240], respectively.

Selection: In this study, we use the roulette-wheel selection procedure. In roulette selection process, chromosomes are grouped together based on their fitness function values. First, MATLAB sends each chromosome in the initial population over to the simulation in Microsoft Excel via the M-file and the simulation calculates fitness values of those chromosomes. Then those fitness values are again sent from Excel to GATOOL in MATLAB via the M-file. Fitness values for each chromosome are summed up to reach a cumulative fitness value. The process continues by dividing each chromosome’s fitness value by the cumulative fitness value, thus calculating a percentage value for each chromosome. Then, those percentages are lined up in order around a roulette wheel and the selection process starts; a random uniform number between 0 and 1 is selected and whichever chromosome falls into this number is selected to be passed on to the next generation.

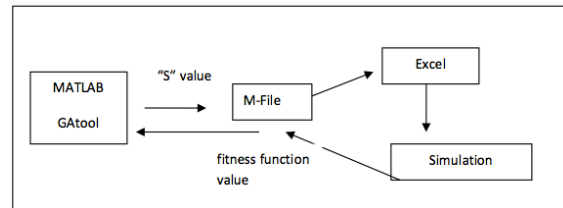


Figure 7. Selection flow chart

In the next step, some random changes are made on chromosomes with the help of the genetic operators, in order to obtain better results. Various trials are conducted when determining which genetic operators to use in order to generate the optimum results.

Crossover: The crossover operator, by combining the chromosomes of two parents, helps to obtain one or two offspring, which have a better fitness function. A single point crossover operator is used in this study. This type of crossover operator generates a random number between 1 and the length of chromosome (N) and this becomes a cut point. Parts of two parents after the cut point are exchanged to form the two offspring.

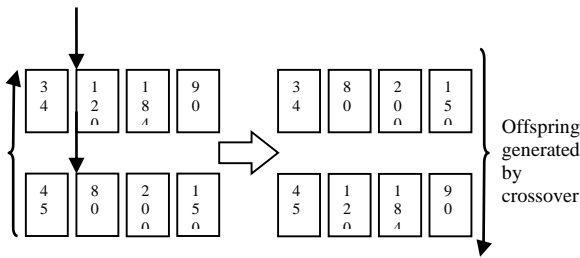


Figure 8. A single point crossover representation

Mutation: The mutation operator randomly modifies a parent to generate an offspring who will replace it. Since every gene in a chromosome represents the “S” value of the corresponding member, a gene-wise mutation is used in this study.

Elitism: This operator aims to ensure the offspring that have the best fitness scores evolve into successive generations. In this study, the number of the offspring that will be allowed to evolve into successive generations is determined to be 2.

Termination Criteria: These criteria are determined in order the complete genetic algorithm calculations based on user preferences. Termination criteria include number of generations, time limit, fitness value limit, maximum number of generations in case genetic algorithm generates an identical value. In this study, there is no time limit set and the number of generations is determined to be 100.

As a result of MATLAB GATOOL calculations, and using aforementioned operators, (R,S) policy “S” numerical values are determined as [52 147 227 185] for the retailer, the distributor, the manufacturer and the supplier, respectively. TSCC generated by GATOOL is calculated as 415.832. On the other hand, (R,S, Q_{min}) policy “S” numerical values are determined as [47 144 224 191], for the retailer, the distributor, the manufacturer and the supplier, respectively. TSCC generated by GATOOL is calculated as 439.951.

5. SUMMARY AND CONCLUSION

Supply chain management provides customers with the right product or service at a reasonable price, in the right place, at the right time, and with the best quality possible, thus increasing customer satisfaction. Supply chain managers strive to deliver products or services at the right price in order for customers to gain competitive advantage over competitors. At this point, reducing inventory cost, which is a major part of total supply chain costs, will help provide products or services at a better price. Since demand is stochastic in real life cases, and there is certain replenishment lead-time for every member, supply chain members do not have an option to apply lean production techniques, in which the inventory levels are zero. However, the trade-off between the quality of customer

service level and the costs should be taken into account carefully while determining the appropriate level of on-hand inventory. Thus, insufficient inventory level might lead to inferior customer service level and satisfaction albeit a lower product cost. In this study, we aim to determine the optimal level of on-hand inventory in order to minimize supply chain inventory costs. In the decision process, in order to save on time and costs, supply chain managers should prefer a method such as simulation, which better reflects uncertainties of real life situations. In addition to this, they can use a heuristic optimization method, such as genetic algorithm, which derives optimal solutions in a short time period. Using a combination of those two methods, thus placing results generated by genetic algorithm into the simulation, they can observe results in several different realistic circumstances.

In our study, we examine the application and measure the performance of the inventory policy (R, S, Q_{min}) developed by Keismüller et al.(2011) on the four stage serial supply chain model. This policy was considered on a single item single echelon system with stochastic demand in a previous study. Our study extends (R, S, Q_{min}) inventory control policy implementation by applying it in a multi echelon system. We develop a simulation model using Microsoft Excel spreadsheet for the sake of implementation simplicity. This simulation model can be used to evaluate the performance of the (R, S, Q_{min}) inventory policy on various supply chain scenarios.

Next, we compare the relative inventory policy with the classic (R, S) policy. According to our experimental results, the (R, S, Q_{min}) policy costs slightly more than the classic (R, S) policy, for the given scenario. However, it leads to a better customer service level by avoiding inventory shortages. Also, (R, S, Q_{min}) policy is more efficient when economies of scale exist. We use a simulation based GA to determine the “S” numerical value which will minimize the TSCC. In this model, the TSCC consists of two cost components, which are holding and shortage costs. The solution methodology used in this study is easy to implement and doesn’t require cumbersome mathematical endeavors, which makes the process practical for users who don’t have advanced level of analytical skills.

References

- Axsäter, S. (2007). *Inventory control* (Vol. 90). Springer Science & Business Media.
- Axsäter, S., & Rosling, K. (1993). Notes: Installation vs. echelon stock policies for multilevel inventory control. *Management Science*, 39(10), 1274-1280.
- Azadivar, F., & Tompkins, G. (1999). Simulation optimization with qualitative variables and structural model changes: A genetic algorithm approach. *European Journal of Operational Research*, 113(1), 169-182.
- Chambers, J. (1995). *Practical Handbook of Genetic Algorithms: Volume 2: New Frontiers*, CRC-Press; 1 edition.
- Chen, F. (1999). On (R, NQ) policies in serial inventory systems. In *Quantitative models for supply chain management* (pp. 71-109). Springer US.
- Chopra S. & Meindl P. (2010). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Ding, H., Benyoucef, L., & Xie, X. (2006). A simulation-based multi-objective genetic algorithm approach for networked enterprises optimization. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 19(6), 609-623.
- Kapuscinski, R., & Tayur, S. (1999). Optimal policies and simulation-based optimization for capacitated production inventory systems. In *Quantitative Models for Supply Chain Management* (pp. 7-40). Springer US.
- Kiesmüller, G. P., De Kok, A. G., & Dabia, S. (2011). Single item inventory control under periodic review and a minimum order quantity. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 280-285.
- Lee, H. L., & Billington, C. (1992). Managing supply chain inventory: pitfalls and opportunities. *Sloan management review*, 33(3).
- Marseguerra, M., Zio, E., & Podofillini, L. (2002). Condition-based maintenance optimization by means of genetic algorithms and Monte Carlo simulation. *Reliability Engineering & System Safety*, 77(2), 151-165.
- Nahmias S. (2009). *Production and Operation Analysis*, McGraw-Hill International edition, New York.
- Petrovic, D., Roy, R., & Petrovic, R. (1998). Modelling and simulation of a supply chain in an uncertain environment. *European journal of operational research*, 109(2), 299-309.
- Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E. (2000). *Designing and Managing the Supply Chain*, Irwin McGraw-Hill.
- Talbi El-G. (2009). *Metaheuristics*, John Wiley & Sons, Inc.
- Zhou, B., Zhao, Y., & Katehakis, M. N. (2007). Effective control policies for stochastic inventory systems with a minimum order quantity and linear costs. *International Journal of Production Economics*, 106(2), 523-531.



2015.03.02.STAT.01

DETERMINANTS OF MOBILE PENETRATION TO FORECAST NEW BROADBAND ADOPTION: OECD CASE

Lütfü ŞAĞBANŞUA *

Osman ŞAHİN†

Muhterem ÇÖL‡

Assoc. Prof. Dr., Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Firat University, Elazığ

Assoc. Prof. Dr., Faculty of Economics and Administrative Sciences, Turgut Özal University, Ankara

Dr., Information and Communication Technologies Authority of Turkey, Ankara

Received: 04 September 2015

Accepted: 23 December 2015

Abstract

This paper aims to analyze relationship between Mobile penetration and various indicators of communication infrastructure throughout OECD countries. Panel data is utilized for the purpose of this study. In order to control network effects as well as the endogeneity of variables, the Arellano–Bond dynamic panel estimation is adopted. In particular, this paper attempts to identify what are the factors to promote the 3G mobile phone by using dynamic panel data analysis. In constructing an estimation model, Cellular mobile penetration is taken as a dependent variable, while various technical and economic variables are selected as independent variables. The obtained results can be used to forecast adoption of New Broadband Penetration technology.

Keywords: Mobile Penetration, New Broadband Adoption, Panel Data, Communication, Forecast, OECD

Jel Code: C53

YENİ GENİŞ BANT ADAPTASYONUNU TAHMİNLEMEDE MOBİL PENETRASYONUN BELİRLEYİCİLERİ: OECD ÖRNEĞİ

Özet

Bu makalede mobil penetrasyon ile iletişim altyapısının çeşitli göstergeleri arasındaki ilişki OECD ülkeleri genelinde analiz edilmektedir. Bu amaçla panel data yöntemi kullanılmıştır. Değişkenlerin içsellik sorunu ve ağ etkilerini kontrol edebilmek için Arellano-Bond dinamik panel tahmini uygulanmıştır. Özel olarak bu makale, ilerideki çalışmalarda 4G kullanımını tahminleyebilmek için dinamik panel data analizini kullanarak 3G kullanımı etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmaktadır. Bu amaçla bir tahmin modeli oluştururken cep telefonu penetrasyonu bağımlı değişken olarak, çeşitli teknik ve ekonomik değişkenler de bağımsız değişkenler olarak alınmıştır. Elde edilen sonuçlar yeni geniş bant penetrasyon teknolojisinin adaptasyonunu tahmin etmek için kullanılabilir olacaktır.

Anahtar Kelimeler : Mobil Penetrasyon, Yeni Geniş Bant Adaptasyonu, Panel Veri, İletişim, Tahmin, OECD

Jel Kodu : C53

1. INTRODUCTION

The world has witnessed a dramatic improvement in telecommunications technologies during the past couple of decades. A wide range of telecommunication services

have emerged in parallel with an increasing competition among the service providers. It has not been long since the introduction of third generation (3G) technologies even in OECD countries, yet some countries have already started to use 4G technology and some other are in the process of

* lsagbansua@firat.edu.tr (Corresponding author)

† osahin@turgutozal.edu.tr

‡ mcol@btk.gov.tr

doing the required investment. 2G technology which is still widely used globally was based on voice technology to meet the basic demand of consumers. But the improving telecommunication technologies have enabled the video services as well, thus leading to 3G technologies. Now, Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) 802.16 m and Long-Term Evolution (LTE)-Advanced were recognized as the foundation of fourth generation (4G) technology at the end of 2009 (Tseng, 2014). In this context, this study aims to explore the relationship between the level of such technologies and various factors that are argued to be related to them. Specifically, we attempt to identify the factors promoting the 3G mobile phone by using panel data analysis. In constructing an estimation model, Cellular mobile penetration is taken as a dependent variable, while various technical and economic variables are selected as independent variables. The obtained results are intended to be used to forecast adoption of 4G technology in the following studies.

Such a forecast is especially vital for telecommunications businesses. It is important to understand the development tendency of the 3G market and the growth of the 3G phones penetration rate to allocate their investments in base station settings and launched services. Therefore, an accurate forecast of 3G phones demand is important to help telecommunications companies with making operational, tactical marketing strategic decisions, such as business scheduling, staff training-on-job, the preparation of 3G added-value services, base stations investments, and so on. The benefits of accurate forecasting are undisputed (Chen, 2014).

Abu (2010) attempts to present a view of the effect of technological innovations for the diffusion of 3G mobile phone in Japan using panel data analysis. Suki (2011) examines the relationship between perceived usefulness, perceived ease of use, perceived enjoyment, attitude and subscribers' intention towards using 3G mobile services.

The purpose of this paper is to analyze factors promoting the 3G mobile phone from these two viewpoints. Regarding the research method, this paper applies a dynamic panel data model which performs an analysis with telecommunication data for OECD countries.

One of the major advantages of using the dynamic model is the opportunity to introduce network externalities or network effects into the analysis. In particular, subscribers can receive greater benefits in accordance with the growth of the network. Thus, a mobile carrier's network size or number of subscribers plays an important role when users choose the particular carrier they want to subscribe to. Mobile carriers, for example, offer discount rates for calls among their own subscribers, and accordingly subscribers to larger networks receive greater benefits. Network effects are significant when competition

among mobile carriers is fierce. Another benefit of applying a dynamic panel data model has something to do with the endogeneity problem of the data. Endogeneity problem occurs quite often in empirical analyses, thus appropriate ways of dealing with this problem need to be utilized. A parameter or variable is said to be endogenous where there is a correlation between the parameter or variable and the error term. When correlations between explanatory variables and error terms exist, estimated coefficients of variables are not true values, and an endogenous bias occurs. One way of dealing with the problem of endogeneity bias is to use instrumental variables. The reason of using such variables is that they are not correlated with alternative factors, instead they are only correlated with the independent variable of interest. Thus, such variables will be correlated with the dependent variable only indirectly. They work through the independent variable to affect the dependent variable. This paper provides a solution to such an endogeneity problem by applying the Arellano–Bond estimator which enables the calculation of an unbiased estimator by using an exogenous or predetermined endogenous variable. In addition to this, the system generalized method of moments (GMM) is used (Akematsu, 2012).

2. METHODOLOGY AND MODELS

2.1. Methodology

A study consisting 34 OECD countries during the years of 2001-2011 (11 years) is conducted. Total number of observations is 330. Panel data analysis is used because both cross-section and time-section dimensions exist. Mobile penetration (the number of subscription per 100 inhabitants) which is used as the independent variable is dependent on the number of subscribers in the previous years, thus a dynamic panel data is used rather than static panel data. The Arellano–Bond linear dynamic panel data estimation model (Arellano & Bond, 1991) is used in order to solve the endogeneity, heteroskedasticity, and autocorrelation problems that exist among the variables. Arellano–Bond (1991) and Arellano–Bover (1995)/Blundell–Bond (1998) are models developed for this purpose. Both of them are especially designed for situations with small T, large N panels. Their usage on datasets of such characteristics is safe (Roodman, 2006). In our study, since $T = 11$ and $N = 34$, these conditions are satisfied.

Conducting the unitroot tests of the variables, it is detected that unitroot problem does not exist since the H_0 hypothesizes which states that it exists are rejected for each variable.

On the other hand, the Arellano–Bond linear dynamic panel data estimation model is executed by using `xtabond2` command which was developed in 2003 in Stata12 to

solve all these problems detected. This command also provides that endogenous and autocorrelation tests as well. H_0 hypothesis stating that instruments used in Sargan test are valid. Sargan is applied to test the instrumental variables used for the solution of endogeneity problem (endogenous). If the number of observations is enough, as many lag values of endogenous variables as wanted can be used as instrumental variable (Roodman, 2006). The fact that number of observations is enough in our study makes it possible to use the 6th lag values of endogenous variables and pass the Sargan test successfully.

On the other hand, Arellano–Bond tests AR(1) and AR(2) are executed to test the auto correlation problems. In the AR (1) test, the lagged value of the dependent variable used in the model causes the rejection of H_0 hypothesis which states that there is no auto correlation. (The presence of the lagged dependent variable MP_{it-1} gives rise to autocorrelation). Thus, AR(2) test needs to be viewed (Roodman, 2006). Our model is resulted as expected, as the H_0 hypothesis stating that there is no autocorrelation in AR(2) test is accepted. Moreover, Wald test has resulted statistically meaningful. All these test results are provided in the tables below. Thus, our model has passed all the tests with success.

2.2. Models

Gombertz and logistic models have been the best models in explaining the S graphics (S-curve of innovation diffusion) of the most innovative trends (Lee & Lee, 2010). Using the Gombertz model is more appropriate as stated by Lin and Wu (2013) and Gruber and Verboven (2001) in their studies. Because in the Logistic model, the number of all the potential users (adopters) in a specific time and country needs to be forecasted and this is very difficult if it is an early stage for diffusion or there is heterogeneity among the countries (Lin and Wu, 2013); (Gruber and Verboven, 2001). This number (the number of potential adopters) is determined in Gombertz model as a function of supply and demand side variables. The formulas below are developed by this approach. The Gomberts model has a wide range of applications in forecasting the transition processes into the new communication and service technologies (Stoneman, 1983; Estache, Manacorda, and Valletti, 2002; Lee and Lee, 2010; Kiiski and Pohjola, 2002; Singh, 2008; Trappey and Wu, 2008; Andres et al., 2010; Lin and Wu, 2013).

In our study, the empirical model below is used for mobile penetration similar to the way Lin and Wu (2013) used for fixed broadband penetration.

$$\ln MP_{it} - \ln MP_{it-1} = \alpha_i (\ln MP_{it}^* - \ln MP_{it-1}) \quad (1)$$

whereas MP stands for mobile penetration, MP_{it-1} mobile penetration of the previous year, and MP^* total potential subscribers which is defined as a function of supply and

demand side variables. Adding the changes of these variables by time, the model takes the form below:

$$\ln MP_{it}^* = \beta_{10} + \beta_1 \ln gdp_{it} + \beta_2 \ln arpu_{it} + \gamma_i Z_{it} \quad (2)$$

Z_{it} is used to explain the other explanatory variables possible. If we place this second formula into the first, it takes the below form:

$$\ln MP_{it} = \alpha_i \beta_{10} + \alpha_i \beta_1 \ln gdp_{it} + \alpha_i \beta_2 \ln arpu_{it} + \alpha_i \gamma_i Z_{it} + (1 - \alpha_i) \ln MP_{it-1} \quad (3)$$

Writing this formula for the panel data analysis with our other variables:

Model 1:

$$\ln MP_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln gdp_{it} + \beta_2 \ln arpu_{it} + \beta_3 \ln traf_{it} + \beta_4 \ln intel_{it} + \beta_5 \ln internet_{it} + \beta_6 \ln edu_{it} + \beta_7 \ln HHI_{it} + \beta_8 \ln mobrevenue_{it} + \gamma_i Z_{it} + \beta_9 \ln MP_{it-1} + \mu_{it} \quad (4)$$

Model 2:

$$\ln MP_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln MP_{it-1} + \beta_2 \ln arpu_{it} + \beta_3 \ln traf_{it} + \beta_4 \ln gdp_{it} + \beta_5 \ln internet_{it} + \beta_6 \ln edu_{it} + \beta_7 \ln HHI_{it} + \beta_8 \ln mobrevenue_{it} + \gamma_i Z_{it} + \mu_{it} \quad (5)$$

Model 3:

$$\ln MP_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln MP_{it-1} + \beta_2 \ln arpu_{it} + \beta_3 \ln traf_{it} + \beta_4 \ln intel_{it} + \beta_5 \ln internet_{it} + \beta_6 \ln edu_{it} + \beta_7 \ln HHI_{it} + \beta_8 \ln mobrevenue_{it} + \gamma_i Z_{it} + \mu_{it} \quad (6)$$

μ_{it} , shows the regression bias.

2.3. Variables and Data

Four of the 34 OECD countries are excluded from the analysis due to the lack of data availability (Israel, Australia, Slovenia, and Chile). Mobile penetration which is measured as the mobile phone subscribers per 100 people (mobile subscribers per 100 inhabitants) is used as the dependent variable in the study conducted over 30 countries. Nine independent variables used in the developed model are: mobile penetration rate in previous year, GDP per capita, mobile traffic, ARPU (average monthly revenue per user), public telecommunication investment per capita, internet host per domain, education, HHI (Herfindahl-Hirschman Index for mobile and other platforms), and mobile telecommunication revenue. In order to obtain the values of these variables, OECD Communications Outlook 2013 is used (OECD, 2013).

Moreover, import and export variables are used as the instrumental variables in the study. The logarithms of all the variables are used in the model as a way of minimizing the skewness problem that might have otherwise occurred.

The revenue is used to explain the broadband diffusion. Akematsu and Shinohara et al. (2012), Garcia-Murillo (2005) and Bouckaert et al. (2010) in their studies state that the revenue has a significant positive effect in broadband diffusions. Lin and Wu (2013), using the technique developed by Rogers (2003), have applied the

approach of dividing the broadband usage periods into the innovator and early adopter stage, the early majority stage and the late majority and laggard stage. With this approach they have not been able to detect a meaningful relationship between the broadband diffusion and GDP per capita which they have used to represent the revenue in total time. On the other hand, they have found a positive meaningful relationship in the periods of the innovator and early adopter stage and the late majority and laggard stage. GDP per capita is used for this purpose in our study.

Although a meaningful positive relationship between the education and broadband diffusion is expected theoretically, this could not be detected in many studies (Garcia-Murillo, 2005; Cava-Ferreruela and Alabau-Muñoz, 2006; Lee and Lee, 2010; Lin and Wu, 2013). Lin and Wu (2013) have faced with a similar situation but they have been able to show this positive relationship for some periods of the life cycle.

We have used the Students as a percentage of the population of 15-19 year-olds as education variable.

The number of subscribers is expected to increase as the competition increases resulting in improved services and convenient prices. HHI (Herfindahl-Hirschman Index for mobile and other platforms) is used in this study to measure the factor of competition. It is calculate as the sum of the squared .market share of mobile and other platforms. This positive relationship is detected in some studies using HHI. (Bouckaert et al., 2010; Distaso et al., 2006; Lin and Wu, 2013; Lee and Lee, 2010).

Telecommunication investments (public telecommunication investment per capita) and increase in services provided through internet are expected to increase the mobile penetration. Various variables are used for this purpose. Internet host as a proxy (Garcia-Murillo, 2005), internet host per 100 inhabitants (Lee and Brown, 2008) and internet hosts per 1 million people (Lin and Wu, 2013) have detected the existence of this relationship. Internet host per domain and public telecommunication investment per capita is used for this purpose in our study.

On the other hand, the effects of the changes in mobile traffic (cellular mobile traffic per mobile subscriber per year) on mobile penetration is looked into during the study. In their study over Japan, Akematsu and Shinohara et al. (2012) have shown that the increase in need for talk has increase the use of new techniques developed (iphone, oneseq, and felica), thus having a positive effect on the usage of 3G.

Penetration rate in previous periods can be expressed as the factor causing the model to be a dynamic panel. In other words, the number of mobile subscribers in previous periods effects the current number of subscribers. There are various studies in the literature showing that the high penetration in previous periods increases current penetration (Akematsu and Shinohara et al., 2012;

Bouckaert et al., 2010; Lee and Lee, 2010; Lin and Wu, 2013; Church and Gandal, 2005; Andres et al., 2010). In these studies it is stated that the network developed by the subscribers in previous periods plays an important role in adding new subscribers, thus showing the network effect with a positive relationship on current penetration.

Although a meaningful negative relationship between the price and broadband diffusion is theoretically expected, in many studies conducted this could not be detected (Cava-Ferreruela and Alabau-Muñoz, 2006; Lee and Lee, 2010; Garcia-Murillo, 2005; Akematsu and Shinohara et al., 2012). Lin and Wu (2013) have shown the existence of this relationship only in certain stages of the life cycle. ARPU and mobile telecommunication revenue are used for this purpose in our study.

3. RESULTS OF ESTIMATION AND DISCUSSION

Analyzing the correlation between the variables, a high correlation of 72.89% between GDP per capita and public telecommunication investment per capita is detected in the table 1. For this reason, used together, one of these variables always loses meaning statistically. Public telecommunication investment per capita is meaningful, while GDP per capita is not when they are used together. But both of them are meaningful when they are used separately. In the table 2, the three cases where (i) they are used together, (ii) GDP per capita used only, and (iii) public telecommunication investment per capita used only are shown by mopen1, mopen2, and mopen3 models respectively. Based on the statistics provided in the table 2, all three models have valid values. As of the other variables, the situation does not change.

In this case, the three models can be evaluated together. A positive meaningful relationship between mopen and GDP per capita is detected when considering the revenue variable. This situation shows similarity with the relationship between the revenue and broadband diffusion found in the studies of Lin and Wu (2013), Garcia-Murillo (2005), and Bouckaert et al. (2010). Since the increase in the revenues of individuals will increase their purchasing power, the positive relationship between GDP per capita and mobile penetration is an expected situation.

The negative relationship between the price and broadband diffusion observed in previous researches, is similarly observed between ARPU and mobile penetration. It is seen that the increase in the prices of provided services due to the increase in average revenue per capita results in decrease in the mobile penetration. A meaningful relationship between mobile penetration and other variable of mobile telecom revenue has not been detected.

Table 1: Correlations

	mopen	traf	arpu	pubtel ~p	gdpcap	inthostdom	educ	hhi
traf	0.1637	1						
arpu	0.1277	0.5477	1					
pubtel invcap	0.3043	0.392	0.6341	1				
gdpcap	0.5297	0.4713	0.6776	0.7289	1			
inthostdom	0.6523	0.2934	0.3472	0.4187	0.5943	1		
educ	0.4814	0.2704	0.3691	0.4521	0.449	0.4585	1	
hhi	-0.4008	-0.2133	-0.2029	-0.1235	-0.2117	-0.2983	-0.4672	1
motelrev	-0.0941	0.3128	0.3433	0.1212	0.0656	-0.1514	-0.0709	0.0824

Between cellular mobile traffic per mobile subscriber per year and mobile penetration, a meaningful negative relationship is observed. If the increase in mobile traffic reflects the fact that the market is about to reach its peak, this negative relationship is an expected situation because it might have resulted from the narrowing potential market share.

Table 2: Arellano Bond Dynamic Panel Data Estimation Models of Mobile Penetration

	Model 1	Model 2	Model 3
	b	b	B
L.mopen	1.129859***	1.267539***	1.141039***
L2.mopen	-.335095***	-.439966***	-.3542452***
traf	-.0272314***	-.0243563***	-.0236675***
arpu	-.0904169***	-.057524***	-.0771358***
pubtelinvcap	.0556482**		.0529736**
gdpcap	0.0310059	.0639558***	
inthostdom	.0080408*	.0077373*	.0135067**
educ	.0571577**	.0794254***	.0734505**
hhi	-0.0561548	-0.0251569	-0.0566201
motelrev	0.0034965	0.0024224	0.0036879
_cons	1.294525**	0.4963797	1.474469***
Wald test	6729.65***	6021.977***	5592.234***
ar2	-1.317913	-1.30131	-1.236199
sargan	37.45361	27.05501	34.39133
N	270	270	270

*, **, *** indicate significance at the 10%, 5%, 1% level, respectively.

As found in earlier studies, increase of internet use and services provided through internet with telecommunication investments, have resulted in positive effect on mobile penetration. Currently, many services can be provided through the internet. Using techniques such as

voip, tango, skype, viber, and face time which enables cheaper communication through smart phones and e-trade opportunities increase this positive relationship.

The network effect shown by Akematsu and Shinohara et al., (2012); Bouckaert et al., 2010; Lee and Lee, 2010; Lin and Wu, 2013; Church and Gandall, 2005; and Andres et al., 2010 in their studies has been detected in our study as well. The number of subscribers in previous years had a positive effect on the current number of subscribers.

An expected positive relationship between education and broadband diffusion could not be proved statistically in most of the studies in the literature. However, existence of a statistically meaningful positive relationship between education and mobile penetration is detected in our study. Mobile penetration has increased in relation with the growth in the level of education, reflecting that technological services are used more in the societies with high education levels.

Although mobile penetration is expected to increase in relation with increasing competition, a statistically meaningful relationship between them could not be detected in this study. However, analyzing the periods of the life cycle as discussed in Lin and Wu (2013), the existence of such a relationship is expected to be observed because the effects of the competition for each stage of product life cycle can be different.

4. CONCLUSION

The relationship between 3G penetration and various indicators of communication infrastructure throughout OECD countries is analyzed throughout this paper. Panel data is utilized for this purpose. In order to control network effects and endogeneity problem, the Arellano–Bond dynamic panel estimation is adopted. This estimator enables the calculation of an unbiased estimator by using an exogenous or predetermined endogenous variable. In addition to this, the system generalized method of moments (GMM) is used. In constructing an estimation model, the number of subscribers to 3G mobile phone services is taken as a dependent variable, while various technical and economic variables are selected as independent variables.

A study consisting 34 OECD countries during the years of 2001-2011 is conducted. Total number of observations is 330. Panel data analysis is used because both cross-section and time-section dimensions exist. Mobile penetration which is used as the independent variable is dependent on the number of subscribers in the previous years, thus a dynamic panel data is used rather than static panel data.

The findings reported in the earlier section can be summarized as follow:

Analyzing the correlation between the variables, a high correlation of 72.89% between GDP per capita and public telecommunication investment per capita is detected.

A positive meaningful relationship between mobile penetration and GDP per capita is detected when considering the revenue variable.

The negative relationship between the price and broadband diffusion observed in previous researches, is similarly observed between ARPU and mobile penetration.

Increase of internet use and services provided through internet with telecommunication investments, have

resulted in positive effect on mobile penetration. The detected network effect indicates that the number of subscribers in previous years has a positive effect on the current number of subscribers.

Existence of a statistically meaningful positive relationship between education and mobile penetration is also detected.

The obtained results are intended to be used to forecast adoption of 4G technology in future research.

References

- Abu, S.T. 2010. Technological innovations and 3G mobile phone diffusion: Lessons learned from Japan. *Telematics and Informatics*, 27 (2010) 418–432.
- Akematsu, Y., Shinohara, S., & Tsuji, M., Empirical analysis of factors promoting the Japanese 3G mobile phone, *Telecommunications Policy*, 36 (2012) 175–186
- Andres, L., Cuberes, D., Diouf, M., & Serebrisky, T. (2010). The diffusion of the Internet: A cross-country analysis. *Telecommunications Policy*, 34(5–6), 323–340.
- Arellano, M., & O. Bover. 1995. Another look at the instrumental variables estimation of error components models. *Journal of Econometrics*, 68: 29(51).
- Arellano, M. & S. Bond. (April 1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *The Review of Economic Studies*, 58. pp. 277 – 297.
- Bouckaert, J., VanDijk, T., & Verboven, F. (2010). Access regulation, competition, and broadband penetration: An international study. *Telecommunications Policy*, 34(11), 661–671.
- Cava-Ferreruela, I., & Alabau-Muñoz, A. (2006). Broadband policy assessment: Across-national empirical analysis. *Telecommunications Policy*, 30(8-9), 445–463.
- Chen, L.-Y. 2014. Application of SVR with chaotic GASA algorithm to forecast Taiwanese 3G mobile phone demand. *Neuro computing* 127 (2014) 206–213.
- Church, J. & Gandai, N. (2005). Platform competition in telecommunications. In: S. Mujumdar, I. Vogelsang, and M. Cave (Eds.), *The handbook of telecommunications* (pp. 119–150). Amsterdam: North-Holland.
- Distaso, W., Lupi, P., & Maneti, F. M. (2006). Platform competition and broadband uptake: Theory and empirical evidence from the European Union. *Information Economics and Policy*, 18(1), 87–106.
- Estache, A., Manacorda, M., & Valletti, T. M. (2002). Telecommunications, reform, Access regulation, and Internet adoption in Latin America. *Economia Pubblica*, 2, 153–217.
- Garcia-Murillo, M. (2005). International broadband deployment: The impact of unbundling. *Communications and Strategies*, 57, 83–108.
- Gruber, H., & Verboven, F. (2001). The evolution of markets under entry and standards regulation: The case of global mobile telecommunications. *International Journal of Industrial Organisation*, 19, 1189–1212.
- Kang F., Hauge J. A., & Lu T. (2012) Competition and mobile network investment in China's telecommunications industry. *Telecommunications Policy*, 36 901–913
- Kwon. 2011. An Empirical Analysis of the State of Competition in OECD Mobile Wireless Markets. 22nd European Regional ITS Conference Budapest, 18-21 September, 2011.
- Kiiski, S., & Pohjola, M. (2002). Cross-country diffusion of the Internet. *Information Economics and Policy*, 14, 297–310.
- Lee, S., & Brown, J. S. (2008). Examining broadband adoption factors: An empirical analysis between countries. *The Journal of Policy, Regulation, and Strategy for Telecommunication, Information, and Media*, 10(1), 25–39.
- Lee, S., & Lee, S. (2010). An empirical study of broadband diffusion and bandwidth capacity in OECD countries. *Communications and Convergence Review*, 2(1). KISDI.
- Lin M., & Wu F. Identifying the determinants of broadband adoption by diffusion stage in OECD countries, *Telecommunications Policy*, 37 (2013) 241–251.
- OECD. (2013). *Communications outlook*. Paris: Head of Publications Service, OECD. Retrieved from <http://www.oecd.org/S>.
- Pagani, M. 2006. Determinants of adoption of High Speed Data Services in the business market: Evidence for a combined technology acceptance model with task technology fit model. *Information & Management* 43 (2006) 847–860.
- Suki, N. M. 2011. Exploring the relationship between perceived usefulness, perceived ease of use, perceived enjoyment, attitude and subscribers' intention towards using 3G mobile services. *Journal of Information Technology Management*. Volume XXII, Number 1, 2011.
- Rogers, E. M. (2003). *The diffusion of innovations* (5th edition). New York: The Free Press.
- Roodman, D. (December 2006). How to do xtabond2: an introduction to “Difference” and “System” GMM in Stata. Center for Global Development. Working Paper Number 103
- Singh, S. K. (2008). The diffusion of mobile phone in India. *Telecommunications Policy*, 32, 642–651.
- Stoneman, P. (1983). *The economic analysis of technological change*. Oxford: Oxford University Press.
- Trappey, C. V., & Wu, H. (2008). An evaluation of the time-varying extended logistic, simple logistic, and Gompertz models for forecasting short product life cycles. *Advanced Engineering Informatics*, 22, 421–430.
- Xia, J. (2011). The third-generation-mobile (3G) policy and deployment in China: Current status, challenges, and prospects. *Telecommunications Policy*, 35 (2011) 51–63.



2015.03.02.STAT.02

A BAYESIAN APPROACH PROPOSAL FOR INVENTORY COST AND DEMAND FORECASTING

Sinan APAK*

Assist. Prof. Dr., Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Industrial Engineering, Maltepe University, İstanbul

Received: 16 September 2015

Accepted: 24 December 2015

Abstract

Technology's perpetual vicissitude and product models' distinction in industrial market have a crucial effect on forecasting demand for spare components. In order to set forth the future demand rates for products, inventory managers repetitively update their prognostications. Bayesian model is utilizing a prior probability distribution for the injunctive authorization rate which was habituated in order to get optimum levels of account over a number of periods. However, under sundry demand rates like intermittent demand, Bayesian Model's performance has not been analyzed. With the help of a research question, the study investigates that circumstance.

Keywords: Bayesian model, forecasting, inventory, probability distribution

Jel Code: C11, C16, C53

ENVANTER MALİYETİ VE TALEP TAHMİNİ İÇİN BAYES YAKLAŞIMI ÖNERİSİ

Özet

Endüstriyel pazardaki teknolojinin kalıcı değişikliğinin ve ürün modellerinin farklılığının, yedek parçalar için yapılan talep tahmini üzerinde önemli bir etkisi vardır. Ürünlerin gelecekteki talep oranlarını ortaya koymak amacıyla envanter yöneticileri kendi tahminlerini sürekli güncellemektedir. Bayes modeli, önsel olasılık dağılımı kullanarak kabul edilebilir oranı birkaç dönem üzerinden optimum hesap yapmak için kullanılmaktadır. Ancak, aralıklı talep gibi muhtelif talep oranlarının altında, Bayes Modelinin performansı analiz edilmemiştir. Bir araştırma sorusu yardımıyla, bu çalışma bu durum incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler : Bayes modeli, envanter, olasılık dağılımı, tahminleme

Jel Kodu : C11, C16, C53

1. INTRODUCTION

The process of presage future amount which is asked by consumers is called inventory demand forecasting. It is the substructure for the tenaciousness of the engenderment level of the business. The interpretation of the ordained dictation forecasts are done by which product in which demand for the particular products' spare part would date on the probability for the authoritative ordinance's actualization. Spare market does not only become the contact's principal among customers and business in

nowadays economic life, but additionally, it is an important investment in the eyes of numerous organizations. The market value is going to be 230 billion Euros in 2020 in Europe as said by some latest sector of automotive (Yılmaz, 2012). Because of the market's magnitude; opportune management like engenderment approximations adverts is the ultimate arduous of the primitives to assess. Similar engenderment estimations' adverts' opportune management is the most arduous of the primitives in order to evaluate.

Spare part amount demand forecasting provides the

* sinanapak@maltepe.edu.tr (Corresponding author)

basic inputs for production planning and control system with other functions. These estimations made functions to transform raw-material, spare parts, machinery, by-products, manpower, programming, and other decisions. Estimation method with non-scientific or completely subjective forecasting indicates many system and component failures that emerge suddenly. A complicated issue might be occurred when control and management of spare parts come into existence. General statistical applications lose their empiric solutions because of the rapid developments and extraordinary facts in the time of operation. Forecasting demands are in need of historical demands that are not available or not acceptable for brand new consuming components in similar circumstances (Gohdrati et al., 2007).

Inventory serves a useful purpose in the organizations. At the retail level, its main function is to allow the firm to meet expected customer demand and prevent shortages (Li and Kuo, 2008). However, holding inventory always is a challenge and presents real costs to companies for managers who are under pressure to reduce inventories and associated expenses. To ensure top performance, managers have spent millions of dollars on forecasting and planning systems over the years.

The arduousness in forecasting demand for high-end challenge for automobile components is altercated by Snyder (2002). Spare component's ordained dictation forecast has three essential obstacles; although ordained dictation's precise forecasting is supreme in inventory control. The first obstacle is, spare part's requirement is generally irregular and the forecasting is arduous because of nature of demand (Ghobbar and Friend, 2003; Viswanathan et al. 2008). The second one is about the inhibition recorded data of spare part demand. As for the third one, inventory level of spare components is considered as mainly the function which is the maintenance and utilization of the equipment.

This academic work explains proposed implements and circumstances of proposed inventory managements' achievement in order to understand the implements' dependability and utility during inventory decision making. The particular analysis concentrates on the status quo that can be required for a manager to guess the expected demand rate of products.

Flowingly, it is possible to see the study's formation. In the second chapter, the analysis which is related with moving inventory forecast techniques are carried. The investigation that brings the methodology on board is studied. Fourth chapter shows the key finding and academic argumentations. As for the last chapter, endings and drawbacks are accounted for and the spaces for the future research are depicted.

2. FORECASTING METHODS FOR INVENTORY DEMAND

It is assumed by the several contemporary inventory management and control software packages that a mundane distribution comes before the further demand. Consequently, analytic models which have agreeable forecasting precision are included (Verecke and Verstraeten, 1994). Generally periodic or perpetual reviews are preferred in almost all randomly inventory models (Stevenson, 2007). In order to add up the order quantity needed to bring it back to level which is aimed and popular with minute retailers; the amount of inventory at intermittent intervals is decided by the periodic review approach. Vice versa, the perpetual system approach updates inventory instantly and submits an order for a fine-tuned quantity in order to diminish the absolute cost at any time it reaches a calculated minimum level.

Models for managing spare components are advised by Strijbosch et al. (2000), Razi and Tarn (2003), and Dolgui and Pashkevich (2007). They are consequential in ascertaining adequate items' accessibility, along these lines providing organizations with a competitive advantage. Syntetos and Boylan (2006) make a comparison between simple moving average, single exponential smoothing, Croston's method, and a modified Croston method in a practical way that proposed by Syntetos and Boylan (2010) on spare components from the automotive industry with a fixate on irregular demands.

Hua et al. (2007) propose using explanatory variables to forecast slow-moving spare parts and compare these forecasts to those from exponential smoothing, Croston's method, and bootstrapping. In order to adopt an appropriate method for forecasting slow-moving inventory, Syntetos et al. (2005) propose using the average mean time between demand and the squared coefficient of variation of demand size to categorize demand. They suggest that determining the category of demand is the first step for adopting the most appropriate forecasting methodology. In order to make demands forecasting real and make a comparison with a standard ARMA model Chen et al. (2010) formed a updated Regression Bayesian-BBNN based model. It is seen that this updated model has higher certainty and strength in a superior way.

2.1. Forecasting methods for spare part demand

Leven, (2004) adduced an inventory management system for slow-paced and expeditious-moving products. Leven's proposal is predicated on the Croston method and the demand which is random is postulated to have an Erlang allocation utilizing a Bayesian approach for spare components. Standard testing methodology which is habituated by Shalen et al. (2008) is presented that surmounts the complications resulting from the essentiality of sampling from time series data. According

to their research, It is understood that Poisson process symbolizes the frequency of orders well enough. While considering the aggregate data series, Forecasting methods' top-down and bottom-up performance are assessed by Viswanathan et al. (2008) at the same time, the sub-aggregate time series components are irregular and for forecasting the total demand utilizing top-down forecasting, the simple exponential smoothing technique outperformed Croston's method in a case.

In order to roughly calculate intermittent demand that was assessed to outperform some of the methodologies discussed such as, Willemain et al., (2004) built up a distribution seperated bootstrap, Syntetos et al. (2005) used the mean square error as a criterion to compare different prediction methods and classify demand patterns regarding both the average inter-demand interval and the variation's coefficient. Four categories result from their study: erratic but not very intermittent, lumpy, smooth, and intermittent but not very erratic. Appropriate forecasting techniques have been proposed for each of them. Boylan and Syntetos (2010) made a review of forecasting research and extensions about spare part management and mentioned some work on the value of judgmental arrangement of statistical forecast.

2.2. Bayesian approach to demand modelling

A Bayesian approach is formed by Popovic (1987) in order to make inventory decision. This also let the predictions of the parameters of a priori distribution of demand rate to be renewed. As an example, if two time periods of recording sales have passed, then the a posteriori distribution λ of is gamma with parameters $\alpha > 0$ and $\beta > 0$ given that values of the demands X_1 and X_2 , namely, $\lambda | X_1, X_2 \sim \Gamma(\alpha + X_1 + X_2, \beta + 2)$. Popovic, (1987) stated that the optimal inventory levels should be determined by using the a posteriori distribution and knowledge of the surplus cost per unit of time, C_1 as well as the shortage cost per unit of time, C_2 .

Silver, (1965) applied the Bayesian method to select the reorder point for an inventory model. De Wit, (1983) proposed a Bayesian approach to forecasting slow-moving items; however, slow moving was defined as 10 or fewer demands per unit of time, higher than the demand rate used in this research. Furthermore, the proposed method failed to perform well when demand was extremely low. Price and Haynsworth, (1986) suggested that the Bayesian approach is better suited to predict the sales of products with slow demand than exponential smoothing although its actual performance may depend on the distribution of the demand. Lee, (2014) applied an averaging Bayesian model to get uncertainty of the demand signals in the first order outcome process to generalize the inventory model that include other auto-regressive lags.

3. METHODOLOGY

In order to make a comparison between the optimal levels of inventory with reverence to the costs for shortage and surpluses to a traditional approach predicated on the Poisson distribution, a study is carried through utilizing Bayesian technique. A utilizer-supplied prior distribution for the injunctive authorization rate is needed to apply the alternative method. This injunctive authorization rate is acted with an arbitrary variable having a gamma distribution.

The validity of the reliability of both one-sided and two-sided prognostication intervals are estimated by this analysis for the future demand rate of products without historical sale background and the ones with no more than one sale as well. Through utilizing intermittent sales data, Bayesian approach's performance is analysed.

The Bayesian method utilizes a prior distribution for the demand rate λ . Because of this reason, It is a far cry from the classical Poisson point of view. Popovic, (1987) proposed a Bayesian model in which the demand has a Poisson distribution, but an a priori gamma distribution $\Gamma(\alpha, \beta)$ with the probability density function in (1) is assigned / assumed since λ is unknown.

$$f(\lambda; \alpha, \beta) = \frac{\beta^\alpha \lambda^{\alpha-1} e^{-\beta\lambda}}{\Gamma(\alpha)}, \alpha > 0, \beta > 0, \lambda > 0 \quad (1)$$

Assuming X_t is the random variable representing demand during the time interval $[0, t]$, demand's the unconditional distribution is displayed in (2).

$$P\{X_t = k\} = \int_0^\infty \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} f(\lambda) d\lambda = \binom{\alpha+k-1}{k} \left[\frac{\beta}{\beta+t} \right]^\alpha \left[\frac{t}{\beta+t} \right]^k, \quad (2)$$

$\alpha > 0, \beta > 0, t > 0$

where $k = 0, 1, \dots$ and the notation $\binom{n}{x}$ is the number of combinations of taking x items from n distinct items at a time. Note that the combination $\binom{\alpha+k-1}{k}$ in (2) can also be written equivalently as $\binom{\alpha+k-1}{\alpha-1}$. Thus X_t has a negative binomial distribution NB $\left(\alpha, \frac{\beta}{\beta+t} \right)$. Popovic [22] shows that denoting $P\{X_t = k\}$ by p_k .

Where $k = 0, 1, \dots$, we have

$$p_0 = \left[\frac{\beta}{\beta + 1} \right]^\alpha, \tag{3}$$

$$p_k = \left[\frac{(\alpha + k - 1)}{k(\beta + 1)} \right] P_{k-1}$$

By applying Bayes' rule for the first period, we have:

$$f(\lambda | X_1) = \frac{P(X_1 | \lambda) f(\lambda)}{\int_0^\infty P(X_1 | \lambda) f(\lambda) d(\lambda)} \tag{4}$$

The posteriori distribution of λ over the first unit time interval $I_1 = [0,1]$ is:

$$f(\lambda | X_1) = \frac{(\beta + 1)^{\alpha + X_1} \lambda^{(\alpha + X_1 - 1)} e^{-(\beta + 1)\lambda}}{\Gamma(\alpha + X_1)} \tag{5}$$

Then a posteriori distribution is also illustrated for the next time to show a pattern in the form of the distribution and is displayed in (6) for time interval $I_2 = [1,2]$.

$$P\{X_2 = k\} = \int_0^\infty \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} f(\lambda | X_1) d\lambda$$

$$= \left[\frac{\Gamma(\alpha + k - 1)}{k!} \Gamma(\alpha + X_1) \right] \left[\frac{\beta + 1}{\beta + 2} \right]^{\alpha + X_1} \left[\frac{1}{\beta + 2} \right]^k \tag{6}$$

Thus $X_2 \sim \text{NB}\left(\alpha + X_1, \frac{\beta + 1}{\beta + 2}\right)$. It then follows that the a posteriori distribution of λ for the second time interval I_2 after demand X_2 occurs will be:

$$\lambda | X_1, X_2 \sim \Gamma(\alpha + X_1 + X_2, \beta + 2) \tag{7}$$

Furthermore, it can be shown that the general a posteriori distribution of λ is

$$\lambda | X_1, X_2, \dots, X_n \sim \Gamma\left(\alpha + \sum_{i=1}^n X_i, \beta + n\right) \tag{8}$$

After observing X_1, X_2, \dots, X_n , one can prove that (9) is the distribution of demand at interval I_{n+1} .

$$X_{n+1} \sim \text{NB}\left(\alpha + \sum_{i=1}^n X_i, \frac{\beta + n}{\beta + n + 1}\right) \tag{9}$$

Popovic, (1987) expresses the optimal inventory level of the i th unit time interval I_i which can be calculated by examining the ratio of the cost of surplus C_1 and the cost of shortage C_2 of an item as well as the demand found by the a posteriori distribution. The more extra knowledge is accumulated; the more posteriori distribution of demand can be updated to improve the accuracy of the parameter estimates. The optimal inventory level r_i^* for product i will be such that it satisfies one of the inequalities in (10).

Bayesian Model Approach:

$$\sum_{k=0}^{r_i^* - 1} \binom{\alpha + k - 1}{k} \left(\frac{\beta}{\beta + 1}\right)^\alpha \left(\frac{1}{\beta + 1}\right)^k < \frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

$$\leq \sum_{k=0}^{r_i^*} \binom{\alpha + k - 1}{k} \left(\frac{\beta}{\beta + 1}\right)^\alpha \left(\frac{1}{\beta + 1}\right)^k \tag{10}$$

Poisson Model Approach:

$$\sum_{k=0}^{r_i^* - 1} e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^k}{k!} < \frac{C_2}{C_1 + C_2} \leq \sum_{k=0}^{r_i^*} e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^k}{k!} \tag{11}$$

We use the ratio of C_1 and C_2 in order to assess optimal inventory levels that contain style goods and perishable items. Since setting relevant costs for shortage and surplus goods for inventory with intermittent demand may not always be empirical, it could be a potential limitation to the particular methodology. Popovic, (1987) depicts a solution of this point of view to the ordering of spare parts from a warehouse at the beginning of each month and describes how the equalities in (10) can be utilized to order optimal stock levels. Undetermined demand rate for moving spare part inventory, an effectors regulation might be hard to build. Managers may assess the planned order amount of a party of non-selling or slow moving products again at the point of a determined period. That can be common disconnect products whose projected order party is smaller than a limit value. The decision is considered to liquidate, if the more elevated endpoint of a unilateral estimation interval for the future demand of outcome allowance is beneath the limit (Lindsey and Pavur, 2009). Thus we assess the robustness of the reliability of a one-sided prediction interval for the future demand rate across a variety of parameters. The unilateral estimation interval is the same as the proposed two-sided interval discussed previously except α level (Type I error) is not divided by 2 and the lower endpoint is not estimated. The proposed one-sided prediction interval is:

$$\left[0, \frac{M_1(t)}{t} + Z_\alpha \sqrt{\frac{M_1(t) + 2M_2(t)}{t^2}} \right] \tag{12}$$

100 time units were selected as the time frame to collect data on sales of slow-moving products. In order to determine OSPIs dependability for making a comparison with a limit value for giving all-important adjudication about a subset of non-selling products, a simulation (Monte-Carlo) with 1,000 copies of the demand for a product groups over 100 units of time are carried out. Consequently, practical Type I errors are determined beyond a different circumstances for the number of

products and the outcome rates.

4. RESEARCH APPLICATION

There is going to be a comparison between a classical maximum likelihood approach and the Bayesian model, referring to the Poisson model, in which the rate parameter of a Poisson distribution is estimated from the earlier data. The effectiveness of each of these two methods's is assessed by the performance of Monte Carlo simulation of authoritative ordinance rates over ten time periods. In this paper, "moderate-demand products" means the products which are not discontinuing. Let us accept the concealed unidentified product's demand rate as λ . The approximation for this particular product might be zero with no demand or without a registered demand history. Accurately culled prior distribution for the ordinant dictation rate may provide a more plausible forecast than a forecast of zero because of the observed period of time that may not be long enough to sanction for a precise prognostication of future demand. For instance, The Bayesian model may utilize a prior demand distribution for a product which is predicated on demand's distribution for all products. As a result of utilizing the entire pool of products, the prior distribution's parameters are guessed according to this point of view. On account of arbitrariness in customer buying patterns, some products may be expeditious and others may be gradually when It comes to selling. In order to mitigate the effects of insufficient data in presaging future demand rates, the use of this approach is preferred.

Inequality's form of the cost expression (10) needs that only the ratio of the surplus cost to shortage cost be kenne. That is, cost deficiency of \$5 and a cost of excess of \$1 will yield identically tantamount results as a cost deficiency of \$50 and cost of excess of \$10 respectively. For the comparison of the costs predicated on the Bayesian model and the Poisson model, a pool of 100 products is utilized in the study of simulation. The pool of products' demand rates are engendered from a gamma distribution with a culled value of the mean identically tantamount to 3, which sanction some products to be slow moving provided the standard deviation is not too diminutive. The culled four standard deviations as follows: 5.5 (high), 1.7 (moderately high), 0.55 (low), and 0.17 (very low). The following values are assessed by two parameters of the gamma distribution: α , the shape parameter, and β , the scale parameter. The mean for the gamma distribution is identically tantamount to $\alpha\beta$ and the variance is equipollent to $\alpha\beta$. The Standard deviations come about the written four pairs of α and β values: $\alpha = 0.3$ and $\beta = 0.1$, $\alpha = 3$ and $\beta = 1$, $\alpha = 30$ and $\beta = 10$, and $\alpha = 300$ and $\beta = 100$. Genuine product sales are engendered utilizing a Poisson process, whenever the authoritative demand λ is culled. As a result of symbolising sales over a period of 10 time units, the number of units sold for each product is replicated 10 times. This process is simulated 20 times and the average

costs per time unit are listed. The time units might be days, weeks, months etc. After utilizing the underlying distribution of injuctive authorization for that product, assumed costs from keeping this amount of list of goods can be assessed. In order to understand which model has the lower expected cost, the performances of the two models were criticized in Figure 1.

A flamboyantly blatant gap stands among the total costs for the Bayesian model and the Poisson model for the first two time periods. The total cost per period utilizing either model amends dramatically after only three periods like indicated antecedent in the study. If the product demand rates' variance is averagely high, It can be said that an advantage is there to utilize the Bayesian model particularly for the first couple of time periods. Although the surplus cost's ratio has effect on the graphs' scale, there is not an extreme transmutation in the model's relevant performance.

Table 1. Prediction intervals

Units	Two sided Zero and One sale	
	Prediction Intervals	
	90%	99%
50	0.103	0.009
100	0.107	0.009
150	0.104	0.009
500	0.109	0.015
1000	0.100	0.025

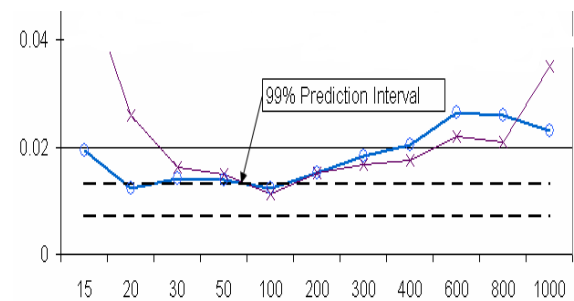


Figure1. Time between demands

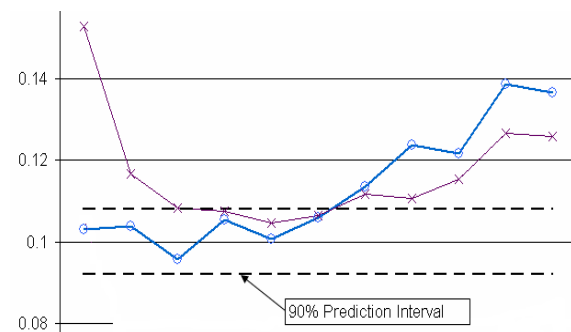


Figure 2. Time between demands

There would be an one explanation possible that when the demand is high, less products have not any sales, and more products will have periods with a demand of one unit. With that circumstance, the Zero and One Sale prediction intervals are reliable, see in Table 1. It looks like sensible to anticipate that prediction interval would be reliable for products with a higher demand rate.

5. RESULTS AND DISCUSSION

The Bayesian approach allowed for updates using historical data over specific time intervals. In this approach, the manager must assume a prior probability distribution for the demand rate of the products. This prior distribution may be based on a manager's experience with similar products.

The Bayesian approach in this study used a gamma distribution as a prior distribution of the demand rate. This approach is more involved than using a Poisson approach, but may be easily automated. In the simulation study, the expected cost of inventory for the Bayesian model and Poisson model were compared by varying the mean and standard deviation of the of the demand rates of 100 products, which may be functionally dissimilar. In addition, the cost ratio of shortage and surplus inventory varied between 1:5, 1:1, and 5:1. The mean demand was fixed at 3 and the standard deviations were varied from 0.17 to 5.5. The resulting total cost of the inventory using these approaches typically declined quickly over the first four or five periods and as time approached 10 periods, the last time period for which updates were computed, both

approaches merged.

6. CONCLUSIONS

Managers of inventory try to store products and semi-products that customers in need of purchasing. This study wants to highlight this challenge's one form: predicting the future demand rate of products. By the time a demand rates's prior distribution is available and surplus and shortage costs are known, the Bayesian methodology might be accepted as relevant. In addition to this, the standard deviation of the products' demand rate will determine if the Bayesian or the Poisson model would be better suited.

Every product's demand is considered free of the demand from the rest of the products. In reality, product demand is correlated with the demand for other products.

Both Bayesian and Poisson models which are examined in this research conduct certain assumptions, which may not be applicable in practice. In order to indicate the demand of goods, a Poisson distribution was used. That process is mostly found in the literature.

Inventory methodology for optimizing inventory levels which is alternative multi-period should be explored. In order to account for inventory which has a limited life span or makes the replenishment possible in the middle of the single period, the Bayesian approach may be extended to more complex inventory management problems.

References

- Boylan, J.E., and Syntetos, A.A., (2010). Spare parts management: a review of forecasting research and extensions. *IMA Journal of Management Mathematics*, 21(3) pp. 227-237.
- Chen, Y., Liu, P. and Yu, L., (2010). Aftermarket demands forecasting with a Regression-Bayesian-BPNN model, *Intelligent Systems and Knowledge Engineering International Conference*, pp. 52–55.
- De Wit, J.R., (1983). Inventory problems with slow moving items: A Bayesian approach, *The Statistician*. 32(1) pp. 201-206.
- Dolgui, A., and Pashkevich, M., (2007). On the performance of binomial and beta- binomial models of demand forecasting for multiple slow-moving inventory items, *Computers and Operations Research*. 13(8) pp. 112-129.
- Ghobbar, A.A., and Friend, C.H. (2003). Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model, *Computational Operations Research*. 30 pp. 2097–2114.
- Gohodrati, B., Akkrsten, P.A. and Kumar, U., (2007). Spare part estimation and risk assessment conducted at Choghart Iron Ore Mine, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 13(4) pp. 353-363.
- Hua, Z.S., Zhang, B., Yang, J., and Tan, D.S. (2007). A new approach of forecasting intermittent demand for spare parts inventories in the process industries, *Journal of the Operational Research Society*. 58(1) pp. 52-61.

- Kennedy, W.J., Patterson, J.W., and Fredendall, L.D. (2002). An overview of recent literature on spare parts inventories, *International Journal of Production Economics*. 76 pp. 201–215.
- Lee Y.S., 2014. Management of a periodic-review inventory system using Bayesian model averaging when new marketing efforts are made. *Int. J. Production Economics* 158(2014)278–289.
- Leven E., and Segerstedt, A., (2004). Inventory control with a modified Croston procedure and Erlang distribution, *International Journal of Production Economics*, 90(3) pp. 361-367.
- Li, S. and Kuo, G., (2008). The inventory management system for automobile spare parts in a central warehouse, *Expert Systems with Applications*. (34) pp. 1144–1153.
- Lindsey M., and Pavur R. Prediction intervals for future demand of existing products with an observed demand of zero. *Int. J. Production Economics* 119 (2009) 75–89.
- Price, B.A., and Haynsworth, H.C., (1986). How to prepare inventory forecasts for very low demand items, *The Journal of Business Forecasting*. 5(2) pp. 21-22.
- Popovic, J.B., (1987). Decision making on stock levels in cases of uncertain demand rate, *European Journal of Operational Research*. 32(2) pp. 276-290.
- Razi, L.A., and Tarn, J.M., (2003). An applied model for improving inventory management in ERP systems, *Logistics Information Management*. 16(2) pp. 114-124.
- Shale, E.A., Boylan, J.E., and Johnston, F.R., (2008). Demand Forecasting for Inventory Management: Characterizing the frequency of orders received by a stockiest, *IMA Journal of Management Mathematics*. 19(2) pp. 137-143.
- Silver, E.A., (1965). Bayesian determination of the reorder point of a slow moving item, *Operations Research*. 13(6) pp. 989-997.

- Snyder, R.D., (2002). Forecasting sales of slow and fast moving inventories, *European Journal of Operational Research*. 140(3) pp. 684-699.
- Stevenson, W.J., (2007). *Operations management* (9th ed.). St. Louis: McGraw- Hill/Irwin.
- Strijbosch, J.W.G., Heuts, R.J.M., and Schoot, E.H.M., (2000). A combined forecast-inventory control procedure for spare parts, *Journal of the Operational Research Society*. 51(10) pp. 1184-1192.
- Syntetos, A.A., and Boylan, J.E., (2005). The accuracy of intermittent demand estimates, *International Journal of Forecasting*, 21(2) pp. 303-314.
- Syntetos A.A., Boylan J.E. and Croston, J.D., (2005). On the categorization of demand patterns, *Journal of the Operational Research Society*, 56(5) pp. 495-503.
- Syntetos, A.A. and Boylan, J.E., (2006). On the stock-control performance of intermittent demand estimators, *International Journal of Production Economics*, 103(1) pp. 36-47.
- Vereecke, A.A., and Verstraeten, P. (1994). An inventory management model for an inventory consisting of lumpy items, slow movers and fast movers, *International Journal of Production Economics*. 35(1/3) pp. 379-389.
- Viswanathan, S., Widiarta, H., and Piplani, R., (2008). Forecasting aggregate time series with intermittent subaggregate components: top-down versus bottom-up forecasting, *IMA Journal of Management Mathematics*. 19(3) pp. 275-287.
- Willemain, T.R., Smart, C.N., and H. F. Schwarz, A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories, *International Journal of Forecast*, 20 (2004) pp. 375–387.
- Yılmaz, A., (2012). Yedek parça piyasası, www.subconturkey.com/2010/Mart/koseyazisi-Yedek-parca-piyasasi.html (available on 28.12.2012).



2015.03.02.STAT.03

MODIFIED EXPONENTIAL TYPE ESTIMATOR FOR POPULATION MEAN USING AUXILIARY VARIABLES IN STRATIFIED RANDOM SAMPLING

Gamze ÖZEL*

Assoc. Prof. Dr., Department of Statistics, Hacettepe University, Ankara

Received: 30 September 2015

Accepted: 25 December 2015

Abstract

Technology's perpetual vicissitude and product models' distinction in industrial market have a crucial effect on forecasting demand for spare components. In order to set forth the future demand rates for products, inventory managers repetitively update their prognostications. Bayesian model is utilizing a prior probability distribution for the injunctive authorization rate which was habituated in order to get optimum levels of account over a number of periods. However, under sundry demand rates like intermittent demand, Bayesian Model's performance has not been analyzed. With the help of a research question, the study investigates that circumstance.

Keywords: Stratified random sampling, exponential type estimates, Auxiliary information, Mean squared error, Efficiency

Jel Code: C10

TABAKALI RASGELE ÖRNEKLEMEDE YARDIMCI DEĞİŞKENLER KULLANARAK KİTLE ORTALAMASI İÇİN DEĞİŞTİRİLMİŞ ÜSTEL TİP TAHMİN EDİCİ

Özet

Bu çalışmada, kitle ortalaması için yardımcı değişken bilgisi kullanarak yeni bir üstel tip tahmin edici tabakalı örneklemede geliştirilmiştir. Elde edilen tahmin edicinin etkinliğini değerlendirebilmek için, ilk olarak literatürdeki bazı tahmin ediciler incelenmiş ve önerilen stratejinin optimum özelliği incelenmiştir. Önerilen tahmin edicinin özelliğini değerlendirebilmek için optimallik koşulu altında benzetim çalışması ve gerçek veri uygulamaları yapılmıştır. Sonuçlar elde edilen tahmin edicinin var olan oran ve çarpım tahmin edicilerinden ve tabakalı örnekleme düzeninde yansız tahmin ediciden daha etkin olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Tabakalı rasgele örnekleme, üstel tip tahmin ediciler, Yardımcı değişken, Hata Kareler Ortalaması, Etkinlik

Jel Kodu: C10

1. INTRODUCTION

Sample surveys play important role in social science research and also in interdisciplinary research. One of the most popular sample designs used by survey researchers is simple random sampling design which is often applied without consideration of the population random variable

one wants to study. When the population distribution is highly skewed, to the right or to the left, simple random sampling might not be the most appropriate sampling design to study the nature of the population. To obtain more precise estimates of some parameters the researcher should consider the importance of the sample units or the data from a sample drawn from a population differently. One of the sampling designs that apply different weights

* gamzeozl@hacettepe.edu.tr (Corresponding author)

to the sampling units drawn from different subsets of the population is stratified random sampling (SRS) design. In stratified random sampling, the population is partitioned into a number of strata and a simple random sample is drawn from each stratum independently from the others. For the estimation of the population parameters in such a design, one uses different weights to the units drawn from different strata to obtain unbiased estimates. By this way, the estimates of the population characteristics from SRS design are usually more precise than those from other designs [1].

In a sampling survey situation, the investigators often collect observations from more than one variable, including the variable of interest y and some auxiliary variables x 's. For example, to estimate the average household living expense, the variable of interest is the living expense of a household, and the auxiliary variable can be the total income, the number of household members, the social status or the residential area of the household. For obtaining a better inference, one would like to utilize the information provided by the auxiliary variable to make the best use of the survey data. It is well known that the use of auxiliary information at the estimation stage improves the precision of estimates of the population mean or total. Ratio, product and regression methods of estimation are good examples in this context. If the correlation between study variable y and the auxiliary variable x is positive (high), the ratio method of estimation envisaged by Cochran [2] is used. On the other hand if the correlation between y and x is negative (high), the product method of estimation envisaged by Robson [3] and revisited by Murthy [4] can be employed quite effectively. Diana [5] suggested a class of estimators of the population mean using one auxiliary variable in the stratified random sampling and examined the MSE of the estimators up to the k -th order of approximation. Kadilar and Cingi [6], Singh and Vishwakarma [7, 8], Singh et al. [9] proposed estimators in stratified random sampling. There are also some recent studies proposing estimators depending on the exponential function. Bahl and Tuteja [10], Singh et al. [9, 11] suggested some exponential ratio type estimators for the SRS.

In this study, under stratified random sampling without replacement scheme (SRSWOR), we suggest an exponential type estimator to estimate the population mean of the study variable which is more efficient than the traditional estimators. The outline of the paper is as follows: in Section 2, we consider several estimators of the finite population mean that are available in literature. The proposed estimators are given in Section 3 along with the corresponding MSE expressions. In Section 4, we provide theoretical comparisons to evaluate the performances of the proposed and existing estimators. Real data applications are provided in Section 5 and an empirical

study is conducted in Section 6, and some concluding remarks are given in Section 7.

2. EXISTING ESTIMATORS

Let us assume that a finite population $U = (u_1, u_2, \dots, u_N)$ of size N , and let y and x , respectively, be the study and auxiliary variables associated with each unit u_j ($j = 1, 2, \dots, N$) of the population. Let the population size, N , is stratified into L strata with h -th stratum containing N_h units, where $h = 1, 2, \dots, L$, such that $\sum_{h=1}^L N_h = N$. A simple random sample of size n_h is drawn without replacement from the h -th stratum such that $\sum_{h=1}^L n_h = n$. Let (y_{hi}, x_{hi}) denote the observed values of the variables y and x on i -th of the h -th stratum, where $i = 1, 2, \dots, N_h$ and $h = 1, 2, \dots, L$.

It is well known that the variance of the sample mean estimator (\bar{y}_1) under SRS is given by

$$Var(\bar{y}_1) = \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h S_{yh}^2 \tag{1}$$

When information is available on x that is positively correlated with y , the ratio estimator is suitable for estimating the population mean. For example, the area of tillage can be considered as a useful auxiliary variable when the harvest is the population quantity of interest. Also, the amount of food resource can be used as an auxiliary variable when the number of certain species of animal is of primary interest. Hansen et al. [12] suggested a combined ratio estimator for estimating the population mean of the study variable \bar{Y}

$$\bar{y}_2 = \frac{\bar{y}_{st}}{\bar{X}_{st}} \bar{X} = \hat{R} \bar{X},$$

where $\bar{y}_{st} = \sum_h^L w_h \bar{y}_h$, $\bar{X}_{st} = \sum_h^L w_h \bar{X}_h$, and

$$\bar{X} = \sum_h^L w_h \bar{X}_h. \text{ Here } \bar{y}_h = \sum_{i=1}^{n_h} \frac{y_{hi}}{n_h}, \bar{X}_h = \sum_{i=1}^{n_h} \frac{x_{hi}}{n_h}$$

and $w_h = N_h / N$ is the stratum weight. Similar expressions for x can also be defined.

The mean squared error (MSE) of \bar{y}_2 , to a first degree of approximation, is given by

$$MSE(\bar{y}_2) \cong \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{yh}^2 + R^2 S_{xh}^2 - 2RS_{yhxh}) \tag{2}$$

where $\gamma_h = \frac{1-f_h}{n_h}$, $f_h = \frac{n_h}{N_h}$. Here, $R = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}} = \frac{\bar{Y}_{st}}{\bar{X}_{st}}$

is the population ratio, S_{yh}^2 is the population variance of a study variable, S_{xh}^2 is the population variance of the auxiliary variable and S_{yhx} is the population covariance between study and auxiliary variables in the stratum h.

When there is a negative high correlation between y and x in the SRS, the product estimator for \bar{Y} is defined by

$$\bar{y}_3 = \frac{\bar{y}_{st}}{\bar{X}} \bar{X}_{st}$$

and the MSE of the product estimator is given by

$$MSE(\bar{y}_3) \cong \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{yh}^2 + R^2 S_{xh}^2 + 2RS_{yhx}) \quad (3)$$

Auxiliary variables are commonly used in survey sampling to improve the precision of estimates. Whenever there is auxiliary variable information available, the researchers want to utilize it in the method of estimation to obtain the most efficient estimator. In some cases, in addition to mean of auxiliary, various parameters related to auxiliary variable, such as standard deviation, coefficient of variation, skewness, kurtosis, etc. may also be known. A number of papers on ratio type estimators appeared based on different type of transformation. Kadilar and Cingi [6] introduced an estimator for the population mean using known value of some population parameters in the SRS given by

$$\bar{y}_4 = \frac{\bar{y}_{st}}{\bar{X}_{st,a,b}} \bar{X}_{st,a,b}$$

where

$$\bar{X}_{st,a,b} = \sum_{h=1}^L w_h (a_h \bar{x}_h + b_h)$$

$\bar{X}_{st,a,b} = \sum_{h=1}^L w_h (a_h \bar{X}_h + b_h)$ and a_h , b_h are the functions of known parameters of the auxiliary variable such as coefficient of variation C_{xh} , coefficient of kurtosis β_{2h} etc.

The MSE of the estimator \bar{y}_4 is given by

$$MSE(\bar{y}_4) \cong \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{yh}^2 + R_{a,b}^2 a_h^2 S_{xh}^2 - 2R_{a,b} a_h S_{yhx}) \quad (4)$$

$$\text{where } R_{a,b} = \frac{\bar{Y}_{st}}{\bar{X}_{st,a,b}} = \frac{\sum_{h=1}^L w_h \bar{Y}_h}{\sum_{h=1}^L w_h (a_h \bar{X}_h + b_h)}$$

Bahl and Tuteja [10] suggested an exponential ratio type estimator for the population mean in simple random sampling. Motivated by Bahl and Tuteja [10], Singh et al. [13] adapted this estimator to the SRS as

$$\bar{y}_5 = \bar{y}_{st} \exp\left(\frac{\bar{X}_{st} - \bar{x}_{st}}{\bar{X}_{st} + \bar{x}_{st}}\right)$$

The MSE of the estimator \bar{y}_5 is obtained as

$$MSE(\bar{y}_5) \cong \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h \left(S_{yh}^2 - 2RS_{yhx} + \frac{R^2}{4} S_{xh}^2 \right) \quad (5)$$

Kadilar and Cingi [14] proposed the following estimator

$$\bar{y}_6 = k \bar{y}_{st} \exp\left(\frac{\bar{X}_{st} - \bar{x}_{st}}{\bar{X}_{st} + \bar{x}_{st}}\right)$$

The MSE of the estimator \bar{y}_6 is given by

$$MSE(\bar{y}_6) = k^2 \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{yh}^2 - 2RS_{yhx} + R^2 S_{xh}^2) + (k-1)^2 \bar{Y}^2 \quad (6)$$

$$\text{where } k = \frac{\bar{Y}^2}{\sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{yh}^2 - 2RS_{yhx} + R^2 S_{xh}^2) + \bar{Y}^2}$$

3. PROPOSED EXPONENTIAL ESTIMATOR

Motivated by Singh et al. [13], we define a modified exponential type estimator for estimating \bar{Y} in the stratified random sampling as

$$\bar{y}_{PR} = \bar{y}_{st} \left(\frac{\bar{X}_{st}}{\bar{X}_{st}}\right)^\alpha \exp\left[\frac{\bar{X}_{st,a,b} - \bar{x}_{st,a,b}}{\bar{X}_{st,a,b} + \bar{x}_{st,a,b}}\right] \quad (7)$$

where a and b are suitably chosen scalars and α is a constant. Here, $\bar{x}_{st,a,b} = \sum_{h=1}^L w_h (a_h \bar{x}_h + b_h)$,

$\bar{X}_{st,a,b} = \sum_{h=1}^L w_h (a_h \bar{X}_h + b_h)$ and a_h , b_h are the functions of known parameters of the auxiliary variable such as coefficient of variation C_{xh} , coefficient of kurtosis β_{2h} etc.

In order to obtain the MSE of \bar{y}_{PR} , let us define $\bar{y}_{st} = \bar{Y}(1 + e_0)$ and $\bar{x}_{st} = \bar{X}(1 + e_1)$ such that

$$E(e_0) = E(e_1) = 0, \quad E(e_0^2) = \frac{1}{\bar{Y}^2} \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h S_{yh}^2,$$

$$E(e_1^2) = \frac{1}{\bar{X}^2} \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h S_{xh}^2, \quad \text{and}$$

$$E(e_0 e_1) = \frac{1}{\bar{X}\bar{Y}} \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h S_{yhxh}.$$

Expressing Equation (7), in terms of e's, we have

$$\bar{y}_{PR} = \bar{Y}(1 + e_0)(1 + e_1)^\alpha \exp\left[\frac{a\bar{X} - a\bar{X}(1 + e_1)}{a\bar{X} + 2b + a\bar{X}(1 + e_1)}\right]$$

where $\theta = \frac{a\bar{X} + b}{2(a\bar{X} + b)}$. We obtain

$$\bar{y}_{PR} = \bar{Y}(1 + e_0)(1 + e_1)^\alpha \exp[-\theta e_1(1 + \theta e_1)^{-1}] \quad (8)$$

Expanding the right hand side of Equation (8) and retaining terms up to the second power of e's, we have

$$\begin{aligned} \bar{y}_{PR} &= \bar{Y}(1 + e_0)(1 + e_1)^\alpha [-\theta e_1(1 - \theta e_1 + (\theta e_1)^2 - \dots)] \\ &= \bar{Y}(1 + e_0) \left[1 + \alpha e_1 + \frac{\alpha(\alpha - 1)}{2} e_1^2 + \dots \right] \\ &\quad * \left(1 - \theta e_1 + \frac{(\theta e_1)^2}{2!} \right) (1 - (\theta e_1)^2) \end{aligned} \quad (9)$$

Using Equation (9), we get

$$\begin{aligned} &= \bar{y}_{PR} - \bar{Y} \\ &\cong \bar{Y} \left[\begin{array}{l} e_0 + \alpha e_1 + \alpha e_1 e_0 - \theta e_1 - \frac{(\theta e_1)^2}{2} \\ \theta e_0 e_1 - \alpha \theta e_1^2 + \frac{\alpha(\alpha - 1)}{2} e_1^2 \end{array} \right] \end{aligned} \quad (10)$$

Squaring Equation (10) and then taking expectation of both sides, we get the MSE of the estimator \bar{y}_{PR} as

$$\begin{aligned} &= \text{MSE}(\bar{y}_{PR}) \\ &= \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{yh}^2 + \alpha^2 S_{xh}^2 + \theta^2 S_{xh}^2 + 2\alpha RS_{yhxh} - 2\theta RS_{yhxh} - 2\alpha\theta S_{xh}^2) \end{aligned} \quad (11)$$

We obtain the optimum α to minimize $\text{MSE}(\bar{y}_{PR})$. Differentiating $\text{MSE}(\bar{y}_{PR})$ with respect to α and equating the derivative to zero, optimum value of α is given by

$$\alpha_{opt} = \frac{\sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (\theta S_{xh} - RS_{yh})}{\sum_{h=1}^L S_{xh}}.$$

Substituting the value of α_{opt} in Equation (11), we get the minimum value of $\text{MSE}(\bar{y}_{PR})$ as

$$\text{MSE}_{min}(\bar{y}_{PR}) = V(y_{st})(1 - \rho_c^2) = \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h S_{yh}^2 (1 - \rho_c^2) \quad (12)$$

where ρ_c is combined correlation coefficient in the stratified sampling across all strata. It is calculated as

$$\rho_c^2 = \frac{\left(\sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h \rho_h S_{yh} S_{xh} \right)^2}{\sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h S_{yh}^2 \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h S_{xh}^2}.$$

4. EFFICIENCY COMPARISONS

In this section, we compare the MSE of traditional estimators $\bar{y}_i, i = 1, 2, \dots, 6$, with the MSE of the optimal proposed estimator \bar{y}_{PR} . From Equations (1)-(6) and Equation (12), we have

$$[\text{MSE}(\bar{y}_1) - \text{MSE}_{min}(\bar{y}_{PR})] = \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{xh} - RS_{yh})^2 > 0$$

$$[\text{MSE}(\bar{y}_2) - \text{MSE}_{min}(\bar{y}_{PR})] = \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{xh} - RS_{yh})^2 > 0$$

$$[\text{MSE}(\bar{y}_3) - \text{MSE}_{min}(\bar{y}_{PR})] = \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{xh} + RS_{yh})^2 > 0$$

$$[\text{MSE}(\bar{y}_4) - \text{MSE}_{min}(\bar{y}_{PR})] = \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{xh} / 2 - RS_{yh})^2 > 0$$

$$[\text{MSE}(\bar{y}_5) - \text{MSE}_{min}(\bar{y}_{PR})] = \sum_{h=1}^L w_h^2 \gamma_h (S_{xh} \theta - RS_{yh})^2 > 0$$

These are always true. Hence, the estimator \bar{y}_{PR} under optimum condition will be more efficient than the traditional estimators $\bar{y}_i, i = 1, 2, \dots, 6$, in all conditions.

5. APPLICATION TO REAL DATA SETS

In this section, the performance of the proposed estimator are assessed with that of the existing estimators for certain natural populations. Therefore, we have considered three natural populations for the assessment of the performance of the proposed estimators with that of the existing estimators. The description of the populations and the required values of the parameters are shown in the Table 1.

The Population I is taken from [6]. It is concerning the number of teachers as study variable and the number of students as auxiliary variable in both primary and secondary schools for 923 districts at six regions (as 1: Marmara 2: Aegean 3: Mediterranean 4: Central Anatolia 5: Black Sea 6: East and Southeast Anatolia) in Turkey in 2007. The Population II is taken from Kadilar and Cingi [6]. In this data set, Y is the apple production amount in 854 villages of Turkey in 1999, and x is the numbers of apple trees in 854 villages of Turkey in 1999. The data are stratified by the region of Turkey from each stratum. Population III is taken from the Japan Meteorological Society [14]. The number of rainy days is the study variable and the total sunshine hours is the auxiliary variable.

Note that the Neyman allocation is used to allocate sample to strata based on the strata variances and similar sampling costs in the strata. It provides the most precision for estimating a population mean given a fixed total sample size. Neyman allocation assigns sample units within each stratum proportional to the product of the population stratum size and the within-stratum standard deviation so that minimum variance for a population mean estimator can be achieved. The equation for the Neyman allocation is given by

$$n_h = n \frac{N_h S_h}{\sum_{h=1}^L N_h S_h}$$

In Table 1, we observe that the correlations between auxiliary and study variables are positive for the Populations I-II. Therefore, the ratio estimator is used for the estimation of the population mean. Similarly, the product estimator is used for the Population III since the value of coefficient of correlation is negative. Then, the MSE and PRE values of the traditional and proposed estimators are obtained based on Populations I, II, and III using Equations (1) to (7) and Equation (11), respectively. These values are given in Table 2. From the values of Table 2, it is observed that \bar{y}_{PR} estimators have the smallest MSE values among all existing estimators. The estimator with the highest PRE is also considered to be the most efficient than the other estimator. From this result, we can conclude that the proposed estimator is more efficient than others for all data sets. Note that \bar{y}_4 requires the auxiliary variable information, on the other hand, one can reach the minimum MSE value using the proposed estimator without auxiliary variable information.

6. SIMULATION STUDY

In this section, a simulation study is conducted to compare the performance of the proposed estimator with existing estimators in the SRS under different conditions

such as different ρ , h and/or n . As seen from Table 2, $MSE(\bar{y}_5)$ of Singh et al. [9] is close to $MSE(\bar{y}_{PR})$ for the Population I, so we decide to compare the performance of proposed estimator with \bar{y}_5 . Therefore, we have simulated sample (with SRSWOR) using R software (version 2.14.0). Bivariate random observations were generated from a bivariate normal distribution. For each condition, a pseudo population with size $N = 1000$ was generated. For each sample selected, we calculated \bar{y}_5 and \bar{y}_{PR} . The empirical MSE is defined as the average of the squared errors of the 1000 random sample

and calculated as
$$MSE = \frac{1}{1000} \sum_{i=1}^{1000} (\bar{y}_i - \bar{Y})^2$$

Furthermore, the empirical Relative Efficiency (RE) is defined as the ratio of the empirical MSE's of \bar{y}_{PR} to \bar{y}_5

.It is calculated as
$$RE = \frac{MSE(\bar{y}_5)}{MSE(\bar{y}_{pr})}$$

a simulation study, we use the following steps in sequence:

1. Population size $N=1000$
2. Generate $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)$ as the fixed values of auxiliary variable.
3. Generate the fixed values of population variable $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_N)$ based on a bivariate normal population model with a given correlation coefficient ρ between x and y .
4. Select a random sample of (x, y) with sample size n .
5. Stratified the sample into h strata based on a given condition of x , and calculate \bar{y}_{PR} and \bar{y}_5 .
6. For each case of correlation coefficient or h , 1000 different sample were selected to calculate the empirical MSE for \bar{y}_{PR} and \bar{y}_5 , denoted as $MSE(\bar{y}_{PR})$ and $MSE(\bar{y}_5)$, respectively.
7. Calculate RE of $MSE(\bar{y}_{PR})$ to $MSE(\bar{y}_5)$.

In this simulation, we would like to study the impacts of the population correlation coefficient ρ , number of strata h , and sample size on RE. First we fixed the sample size as $n=100$, and then simulate RE under different h and ρ . The results are summarized in Figure 1. From Figure 1, it can be seen that the performance of \bar{y}_{PR} is superior to \bar{y}_5 most of the time. RE of \bar{y}_{PR} to \bar{y}_5 increases as h increases, that is, the performance of \bar{y}_{PR} is more preferable as the number of strata increases. On the other hand, RE increases as ρ increases. The RE can be as high as more than 15 when the population correlation coefficient is high and the number of strata is 8.

Another simulation study was also conducted to

examine the impact of sample size n as well as ρ on RE. As seen from Table 2, MSE of the product estimator \bar{y}_3 is close to \bar{y}_{PR} . So, we compare the proposed estimator with the product estimator. The number of strata is chosen to be 3, which is not a large number of strata when $N=1000$, so that the simulation would be fair to both methods. The results are summarized in Figure 2. It is

clear that \bar{y}_{PR} is superior to \bar{y}_3 as what appeared in Figure 1. Additionally, sample size seems to be as decisive as ρ and h . With a smaller size $n=20$, the RE is less than the other cases when $n=50, 70$ and 100 .

References

[1]. Suwattee, P., 2009, Sampling Technique. BKK: Thailand.
 [2]. Cochran, W.G., 1977, Sampling Techniques, Third Edition, Wiley Eastern Limited.
 [3]. Robson, D.S., 1957, Applications of multivariate polykeys to the theory of unbiased ratio type estimation. Journal of American Statistical Association, 52, 511-522.
 [4]. Murthy, M.N., 1967, Sampling Theory and Methods, Statistical Publishing Society, Calcutta, In-dia.
 [5]. Dianna, G., 1993, A class of estimators of the population mean in stratified random sampling. Statistica, 53, 59-66.
 [6]. Kadilar, C., Cingi, H., 2003, Ratio estimators in stratified random sampling. Biometrical Journal, 45, 218-225.
 [7]. Singh, H.P., Vishwakarma, G.K., 2005, Combined ratio-product estimator of finite population mean in stratified sampling. Metodologia de Encuesta, 8, 35- 44.
 [8]. Singh, H.P., Vishwakarma, G. K., 2008, A family of estimators of population mean using auxil-iary information in stratified sampling. Communication in Statistics Theory and Methods, 37, 1038-1050.
 [9]. Singh, R., Chauhan, P., Sawan, N., Smarandache, F. 2009. Improvement in estimating the popu-lation mean using exponential estimator in simple random sampling. International Journal of Statistics and Economics, 3, 13-18.
 [10]. Bahl, S., Tuteja, R.K., 1991. Ratio and product type exponential estimator. Journal of Information & Optimization Sciences, 12, 159-163.
 [11]. Singh H.P., Vishwakarma, G.K., 2007, Modified exponential ratio and product estimators for fi-nite population mean in double sampling. Austrian Journal of Statistics, 36, 217-225.
 [12]. Hansen, M.H., Hurwitz, W.N., Gurney, M. 1946. Problem and methods of the sample survey of business, Journal of American Statistical Association, 41, 174-189.

[13]. Singh, H. P., Tailor, R., Singh, S., Kim, J.M., 2008, A modified estimator of population mean us-ing power transformation, Statistical Papers, 49, 37-58.
 [14]. Kadilar, C., Cingi, H., 2005, A new ratio estimator in stratified sampling, Communication in Sta-tistics: Theory and Methods, 34, 597-602.
 [15]. Japan Meteorological Society, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/index.html>.

Table 1. Statistics of the populations

Stratum	Population I						Population II						Population III	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2
N_h	127	117	103	170	205	201	106	106	94	171	204	173	10	10
n_h	31	21	29	38	22	39	9	17	38	67	7	2	4	4
\bar{Y}_h	703.74	413	573.17	424.66	267.03	393.84	1536	2212	9384	5588	967	404	149.7	102.6
\bar{X}_h	20804.59	9211.79	14309.30	9478.85	5569.95	12997.59	127	117	103	170	205	201	1630	2036
C_{xh}	1.465	1.648	1.925	1.922	1.526	1.777	2.02	2.10	2.22	3.84	1.75	1.91	0.063	0.050
C_{yh}	1.256	1.562	1.803	1.909	1.512	1.807	4.18	5.22	3.19	5.13	2.47	2.34	0.09	0.122
S_{xh}	30486.751	15180.769	27549.697	18218.931	8497.776	23094.141	49189	57461	160757	285603	45403	18794	102.17	103.26
S_{yh}	883.835	644.922	1033.467	810.585	403.654	711.723	6425	11552	29907	28643	2390	946	13.470	12.610
ρ_h	0.936	0.996	0.994	0.983	0.989	0.965	0.82	0.86	0.90	0.99	0.71	0.89	-0.779	-0.503
γ_h	0.024	0.039	0.025	0.020	0.041	0.021	0.102	0.049	0.016	0.009	0.138	0.006	0.150	0.150
w_h^2	0.019	0.016	0.013	0.034	0.049	0.048	0.015	0.015	0.012	0.04	0.057	0.041	0.500	0.500

Table 2. PREs and MSEs of different estimators of population mean with respect to sample mean \bar{y}_1 for the populations.

Estimator	Population I		Population II		Population III	
	PRE	MSE	PRE	MSE	PRE	MSE
\bar{y}_1	100.000	2247.600	100.000	673477.704	100.000	25.534
\bar{y}_2	65.303	3441.807	317.650	212018.592	*	*
\bar{y}_3	*	*	*	*	168.097	15.190
\bar{y}_{41}	246.322	912.465	158.378	425234.956	51.951	49.150
\bar{y}_{42}	379.600	592.097	325.780	206728.053	50.195	50.870
\bar{y}_5	979.393	229.489	188.869	356584.710	70.284	36.330
\bar{y}_6	11.700	19210.676	79.096	851473.482	80.689	31.645
\bar{y}_{PR}	1150.221	195.406	333.204	202122.000	171.174	14.917

*: Not applicable

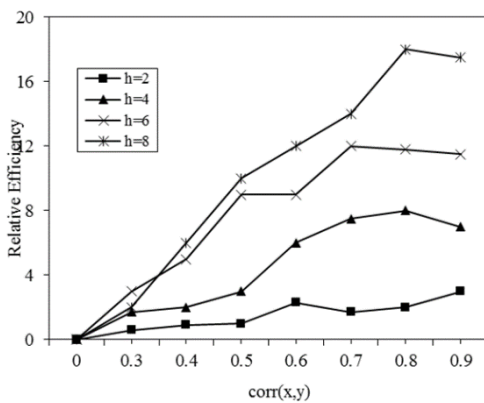


Figure 1. Relative efficiency of \bar{y}_{PR} to \bar{y}_5

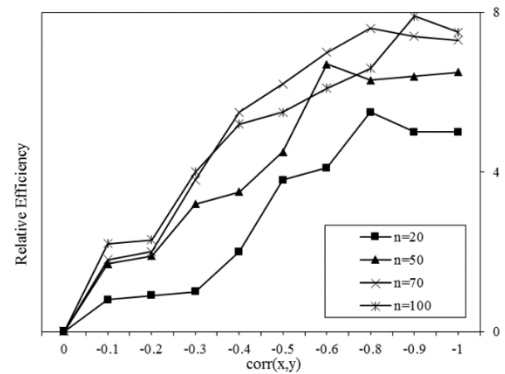


Figure 2. Relative efficiency of \bar{y}_{PR} to \bar{y}_3



2015.03.02.MIS.01

MOBILE PHONES AS DISTRACTING TOOLS IN THE CLASSROOM: COLLEGE STUDENTS PERSPECTIVE

Naciye Güliz UĞUR *

Tuğba KOÇ †

Research Assistant, Faculty of Business Administration, Department of Management Information Systems, Sakarya University, Sakarya

Received: 01 October 2015

Accepted: 26 December 2015

Abstract

There are more than six billion users of cell phones worldwide. The need for people to connect with others frequently is apparent in our society. People use mobile phones everywhere and every time, to call and text friends, surf the web, visit social sites and attach themselves to their communication devices at all times. As the use of mobile phones has proliferated in academic settings in recent years, new challenges are faced by institutions of higher education and their faculties. Research indicates that increasing use of mobile phones by the students in the classroom causes a big distraction, although all of the college students have their own mobile phones and all of them regularly bring their devices to courses. The prevalence and inconvenient usage of mobile phones in colleges has prompted college administrators to create policies to manage mobile phone use during the school day. Also there is a lot of support for mobile phones to be banned from colleges, but such rules are not accepted or enforced in universities. Actually, college students must have the ability to consider the advantages and disadvantages of their behaviors. This study enlightens the situation about use and abuse of cell phones during courses. This paper presents the result of a study conducted on 300 college students from faculty of business administration at Sakarya University to gain a better understanding of the frequency and manner of cell phone use in college classrooms. Focusing on the use of text messaging during courses, students reported on their own and others' use of cell phones. The current research reveals that minority of the students use their smartphones during class time to enhance learning, such as using their smartphones as computers to look up relevant information pertaining to the lesson, as cameras to take pictures of information on the blackboard or screen, as calculators, and so forth. However, majority of the students use their smartphones during class time for personal use not related to learning. One of the most striking result of this study shows that majority of the students distract their classmates and they will continue to behave this way, unless the administrators take precautions.

Keywords: Misuse of mobile phones, abuse of mobile phones, phubbing, mobile phone use in class

Jel Code: M54

SINIF İÇERİSİNDE DİKKAT DAĞITMA ARACI OLARAK CEP TELEFONLARI: ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN BAKIŞ AÇISI

Özet

Dünya çapında 6 milyonu aşkın cep telefonu kullanıcısı bulunmaktadır. İnsanların sıkça birbirleriyle iletişim kurma ihtiyacı duyduğu gözlenmektedir. İnsanlar her zaman ve her yerde, arama yapmak, mesajlaşmak, internette dolaşmak, sosyal paylaşım sitelerini takip etmek amacıyla cep telefonu kullanmakta ve iletişim cihazları ile bütünleşik halde yaşamaktadır. Son yıllarda cep telefonlarının eğitim ortamlarında hızla çoğalmasıyla beraber yükseköğrenim kurumlarını ve fakülteleri zorlu bir durumla karşı karşıya bırakmıştır. Bu araştırmada, üniversite öğrencilerin sınıflarda cep telefonu kullanmasının dikkati büyük oranda dağıttığının, buna rağmen öğrencilerin tamamının cep telefonuna sahip olduğunun ve hepsinin cihazlarını ders esnasında da yanlarında taşıdığına altı çizilmektedir. Cep telefonlarının yaygın ve uygunsuz kullanımı, yöneticileri bu konuda bir takım kurallar koymaya mecbur bırakmakta, ancak uygulanan kurallar üniversite yönetimi tarafından kabul edilmemekte veya mecbur tutulmamaktadır. Her ne kadar öğrencilerin ders esnasında telefon kullanmanın avantajlarını ve dezavantajlarını bilmeleri gerekiyor olsa da, bu çalışmanın asıl amacı öğrencilerin bu konudaki düşüncelerini açığa çıkartmaktır. Bu makalede, üniversite dersliklerine cep telefonu kullanım sıklığı ve alışkanlığının değerlendirilmesi amacıyla, Sakarya

* ngugur@sakarya.edu.tr (Corresponding author)

† tcekici@sakarya.edu.tr

Üniversitesi İşletme Fakültesinde öğrenim görmekte olan 300 üniversite öğrencisi ile yapılan araştırmanın sonuçlarına yer verilmiştir. Ağırlıklı olarak ders esnasında mesajlaşmanın konu edinildiği çalışmada öğrenciler kendilerinin ve sınıf arkadaşlarının kullanımına ilişkin bilgi vermişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre akıllı telefonların ders esnasında en fazla kullanılma sebebi dersle ilgisi olmayan kişisel sebepler olarak ön plana çıkarken; azınlık bir öğrenci topluluğu dersle ilgili bilgilere erişmek veya tahtadaki ders notlarının resmini çekmek ya da hesap makinesi kullanarak dersteki öğrenme verimini arttırmak amacıyla da telefonlarından yararlandıklarını belirtmişlerdir. Çalışmanın en çarpıcı sonuçlarından birisine göre; öğrencilerin büyük bir çoğunluğu ders esnasında arkadaşlarını telefon kullanarak rahatsız ettiklerini kabul etmiş ve gerekli tedbirler alınmadığı takdirde bu şekilde davranma niyetini açıkça ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler : Cep telefonlarının kötüye kullanımı, cep telefonlarının suistimali, sınıfta cep telefonu kullanımı
Jel Kodu : M54

1. INTRODUCTION

In recent years, the mobile phone alternately referred to as cell phone has become one of the fastest-growing communication technologies ever, with subscriptions reaching went from almost none to a half billion through the 1990s (ITU, 2002), over two billion in 2005 (Wireless Intelligence, 2005) and now nearly 7,5 billion (GSMA Intelligence, 2014) worldwide. Mobile phones proliferate in our society, influencing the way people communicate on a daily basis. Studies have examined mobile phones can be used in any settings, including restaurants, grocery stores, buses, trains, and movie theaters for e-mail, text, find information, take picture, communicate, use map etc. (see, for example, (Ling, 1997, 2002; Murtagh, 2002; Campbell & Russo, 2003; Rice & Katz, 2003; Campbell, 2004) whenever you want and wherever you need. Considering the practically and popularity of this communication tool, it is surprising that appropriate and polite use of mobile phone is still unclear as there is no definitive set of rules for its usage (Elgan, 2010; Rosenfeld & O'Connor-Petruso, 2010).

In this context, although the urbane use of mobile phones is not identified, the impolite behaviors are well known. Phubbing is a brand new expression and stands for “phone snubbing”, describes the act of snubbing someone in a social setting by looking at your phone instead of paying attention. This word is born as part of a campaign by Macquarie Dictionary. In May 2012, the advertising agency behind the campaign - McCann Melbourne - invited a number of lexicographers, authors, and poets to produce a new word to describe the behavior. The term has appeared in media around the world, and was popularized by the Stop Phubbing campaign created by McCann.

By means of this very meaningful word, the disrespect of the students, don't paying attention to the teacher during courses, found a name. Nowadays, this rudeness is rifle throughout the world in all walks of life. The abuse of smart phones has placed people at the risk of impaired social interactions. When it comes to smartphones, tablets and other mobile delights, many of the adults have the unfortunate tendency to behave like children: prodding and poking their shiny toy to the exclusion of anyone and anything else. People would rather communicate via text

instead of talking face-to-face. As an increasingly pressing issue, phubbing has raised global attention and stirred widespread discussion. Almost in all kinds of social settings one can find phubbers.

Nevertheless the problem of phubbing becomes much trickier when it comes to the field of education. Traditionally expected, while the learning environment should be quite and pleasant, portable device use has become increasingly common in the classroom with 62% of students reporting the use of electronic media for non-academic purposes while in class, studying, or doing homework (Jacobsen & Forste, 2011) and estimated 95% of college students bring their mobile phones to class every day. For example, one study found that a third of college students in the U.S. play video games on their mobile phones during class (Gilroy, 2004). End, Worthman, Mathews, and Wetterau (2010) claimed that ringing mobile phone impairs student performance during the lesson. However, mobile phone ringing is distracting, students typically do not converse with the caller during lectures (Barks, Searight, & Ratwik, 2011). Although, silent cellular phone text messaging permits extensive conversational exchanges during classes that may not be as obviously disruptive (Young, 2006), a significant proportion of surveyed believe that texting creates a distraction to those sitting nearby (Tindell & Bohlender, 2010). Considering that the classroom discipline is one of the most important aspects in teaching and learning, it become not easy for teachers to struggle with mobile phones' negative impacts on students while keeping them focused on learning. In addition to all this negativity, some students have found ways to use mobile phone by accessing information online during an exam, taking and disturbing photos of exam, and text-messaging answers to exam questions (Katz, 2005).

As seen from another frame, it is important to recognize that not all mobile phone use in educational contexts is objectionable. For example, Katz (2005) reported on uses of the technology for tutoring, accessing Internet resources, and connecting students, instructors, and parents in efforts to coordinate school-related activities. Others have noted the potential of the technology to support anytime, anywhere learning (Mifsud, 2003), new forms of collaboration in distance education (Milrad, 2003), distributed intelligence (Fischer

& Konomi, 2005), and knowledge communities through “m-learning,” the mobile evolution of Internet-based e-learning (Nyiri, 2002).

Gilroy (2004) argued that the opinions of faculty regarding the use of cell phones in the classroom are quite diverse, with some faculty members wishing to ban them and others feeling that even guidelines on cell phone use are overly restrictive and unnecessary. Some institutes have certain guidelines for restricting the students for carrying and using mobile phones in the class rooms, whereas some institutes are not much restrictive (Shrivastava & Shrivastava, 2014). A study, conducted by National Education Association (NEA), shows that 85% of a sample of higher education instructors in the U.S. agreed that professors include policies regarding the in-class use of mobile phones on their syllabi.

The world is changing and people do not feel safe themselves without their communication devices. Indeed they are not so unfair... A development psychologist Andrew Trotter has said: “By using technology, children are feeling more of a sense of mastery and are feeling good about themselves.” Just think about it. In 1999 schools shouting in Colorado, in 2012 another terrorist attack occurred and 6 teachers were kidnapped in Turkey, and the most known and terrifying one is called “Beslan school hostage crisis” lasted three days and involved the capture of over 1,100 people as hostages, ending with the death of 385 people. Accordingly, the purpose of this study is to explore students’ intention about phubbing during courses and find out if they bring their mobile phones because they want to feel safe or just because of phubbing or cheating..

2. LITERATURE REVIEW

The modern era of the college classroom began with two instructional items: the chalkboard and the overhead projector. Since those early days, classrooms are equipped with new technology products. Today’s college classroom may contain computer projection, large screens and/or whiteboards, and all of the devices necessary to enhance education. All of the technology in the classroom had one thing in common: it was controlled or utilized by the instructor.

Perhaps the most interesting, challenging, and controversial technology to be introduced does not come from the instructor, but rather the student that being the electronic devices students are bringing into the classroom (Bayless, Clipson & Wison, 2013).

When cell phones first began to appear in the classroom, an annoying ringing phone would announce its presence and students would look around wondering who it belonged to. This distractor made it difficult for the instructor to keep the attention of the class. Later the rings changed to notes of a song, then to vibrations, which could bounce a phone across a metal desk, and finally to text messages. Every call or message is a distraction to

someone. Now smartphones have access to the internet allowing students to browse on Facebook or any other website, as well as check email and send text messages.

Many recent studies have been conducted to clarify the usage of mobile phones in class, but the literature is insufficient about the new expression, phubbing. No study to date has surveyed students’ mobile phone using habits under the frame of phubbing. As phubbing means snubbing someone by looking at your phone instead of paying attention, we consider that, being busy with mobile phones during courses is an act of phubbing.

Tindell and Bohlander (2012) surveyed 269 college students and argued that the use of the cell phone is a distraction and that “if students are spending time texting, they are not paying attention in class”. Campbell (2006) conducted a study to explore some of the challenges associated with mobile phones in college classrooms. Participants including students and teachers reported that ringing is a serious source of irritation and distraction for both students and faculty members and supported for formal policies restricting the technology during class time. Froese et al. (2012) found students expect texting during classes. Clayson and Haley (2012) found students received and sent texts during class time. Students believed they could listen to lectures and text at the same time. This was not so and they earned lower grades.

Synnott (2013) surveyed 129 students at a midsized public university in New England. The study’s focus was on students’ use of smartphones during class time and their perceptions with regard to their classmates’ use of smartphones concerning: texting, surfing the Web, visiting social sites, and leaving the classroom to take calls. He found all students do engage in these activities during class time to some degree. He also found that students misperceive that their peers use their phones more than they do themselves. These misperceptions may result in students increasing their use of smartphones during class time to be like their peers.

A pilot study conducted by Burns and Lohenry (2010) surveyed faculty and students in the health sciences to determine the perception of cell phone use during class. About 40% of the students indicated that they used their phones during class, and this activity caused a distraction for about 85% of the students. It seems clear that students are using their phones during class, and that this behavior is potentially disruptive. They also found the majority of students and faculty believed that cell phones were distracting during class. These personal behaviors in the context of teaching and learning often annoy professors (Jenkins, 2011). This is not the case for all professors of course.

Massimini and Peterson (2009) found students’ use of smartphones resulted in tardiness. Tardiness results in negative consequences on the learning experience for the late students and the students interrupted by this behavior.

Dzubak (2012) found interruptions during the learning process inhibit knowledge acquisition. Another study found students who experienced a ringing smartphone during a video presentation performed poorly compared to students in a control group who did not experience ringing phones (End, Worthman, Mathews, & Wetterau, 2010).

Braguglia (2008) examined the use of cell phones in a college setting. Over half of the students in the survey reported that they “interact with their cell phone during class time in every class they attend” (Braguglia 2008, 59), but the vast majority did not feel that the use of their phone interfered with learning. This study was limited to business majors, however, and did not focus on classroom management issues, but rather dealt with the overall use of phones by students.

Findings such as these may not be surprising given other research involving human behavior and the use of digital technology. Ophir, Nass, Wagner, Anthony & Posner (2009) noted society’s increasingly saturated media environment means more people are consuming more than one content stream at the same time. Ophir told Thomas (2009) the human mind is not really built for processing multiple streams of information. Foerde and Poldrack (2006) found people had a harder time learning new things when their brains were distracted by another activity. In classroom settings, Wei, Wang and Klausner (2012) found texting during class partially affected a students’ ability to self-regulate their attention to classroom learning. In an earlier study, Wei and Wang (2010) noted college students’ ability to text and perform other tasks simultaneously during class might become a habit over time. Such habits may be defined as automatic behaviors triggered by minimum consciousness.

McCoy (2013) asked 777 college students from six U.S. universities to describe their behavior and perceptions regarding classroom use of digital devices for non-class purposes. He stated that the average respondent used a digital device for non-class purposes 10.93 times during a typical school day for activities including texting, social networking, and emailing. Most respondents did so to fight boredom, entertain themselves, and stay connected to the outside world. More than 80% of the respondents indicated such behavior caused them to pay less attention in the classroom and miss instruction.

In their paper Belwal and Belwal (2009) conducted a study on identifying mobile phone usage behavior of college students in Oman. They conducted a survey of 200 students in Muscat and Sohar cities of Oman. Their research revealed that a majority of students make less than 10 calls but more than 10 SMS per day, they feel uncomfortable without mobile phones, they keep their mobile phone switched on 24 hours, and they are equipped with almost every feature in their mobile. That means, students are keeping their mobile phones during their class times also.

Students are busy in receiving and sending text messages while attending a class lecture. Gilroy (2004) found that a third of college students in the US play video games on their mobile phones and laptops during class. Other studies from Korea, Norway, and the US indicate that various forms of mobile phone use take place in classrooms all over the world (Katz, 2005).

These studies show that students’ smartphone use during class time is common, disrupts the learning process and distracts classmates. Research on this evolving topic, namely phubbing is limited; also research in this area needs frequent updating because the proliferation of new technology is growing at an exponential rate.

3. METHODOLOGY

Students from a state university in Turkey, Sakarya participated in this study. Students were invited to participate in the survey by one of their instructors, when they were waiting for the course to begin. The selection process produced a stratified sample with respect to academic major, with 6 different majors, representing the business school at the university.

We prefer to choose stratified random sampling over other types of sampling, because we want to examine if the trends vary between subgroups within the population. Stratified sampling is appropriate for this because it ensures the presence of key subgroups within the sample. Also stratified random sampling allows us to observe relationships between subgroups. With this type of sampling, we are guaranteed subjects from each subgroup are included in the final sample, whereas simple random sampling does not ensure that subgroups are represented equally or proportionately within the sample.

Another fact for using stratified sampling is our interest in rare extremes of the business school population, such as department of management information systems or international trade which have less population; by that way we can representatively sample even the smallest and most inaccessible subgroups of the college population. Simple random sampling does not allow this.

Stratified random samples generally require smaller sample sizes, which in turn can save a lot of time and effort for us. This is because this type of sampling technique has a high statistical precision compared to simple random sampling due to the fact that the variability within the subgroups is lower compare to the variations of dealing with an entire population (Babbie, 2001).

We use proportionate stratified random sample in this research to represent the business school truly. In proportional stratified random sampling, the size of each strata is proportionate to the population size of the strata when looked at across the entire population. This means that each stratum has the same sampling fraction. We have six strata with population sizes of 760, 1530, 70, 90, 900

and 140. We chose a sampling fraction of 1/10, this means we randomly sample 76, 153, 7, 9, 90 and 14 students from each stratum respectively. The same sampling fraction is used for each stratum regardless of the differences in population size of the strata. In order to conduct this quantitative analysis, totally 349 students from six departments participated the survey.

Table 1: Descriptive Statistics

	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Strata 1	76	21,8	21,8
Strata 2	153	43,8	65,6
Strata 3	14	4,0	69,6
Strata 4	90	25,8	95,4
Strata 5	7	2,0	97,4
Strata 6	9	2,6	100,0
Total	349	100,0	

4. RESULTS AND DISCUSSION

Because the participants could choose to omit questions if they desired, the sample could vary by question, but all of them are answered. The sample size didn't differ from the total of 349.

All participants (100%) said they had a mobile phone that could be used for text messaging and almost all of them (99%) indicated they had sent standard text messages. The vast majority (99,1%) said they always bring their phone to class. It is clear that college students are using their cell phones in the classroom. Almost all (98%) admitted to sending or receiving text messages while waiting for class to begin. About 95% admitted that they phub in class at least once or twice, and 32% do this every day. The participants also notice the phubbing done by others in the classroom, with 98% of students indicating they have noticed this at least once or twice.

If we consider being busy with the mobile phones during courses as phubbing, this means at least 95% of the students take a part in this rude behavior.

The students indicated that while in class their phones were either set to vibrate (51,6%) or silent mode (44,4%). Only 2,3% of the respondents stated they turn off their mobile phones and 1,7% of them said their phones stay at loud mode.

Generally, women and men make different decisions and they have different manners. The female student profile at Sakarya University seems more sensitive and timid than male students. Accordingly, we decided to make cross tabulation for sound profile and gender to analyze the relation. Table 2 shows the results. The exciting part is that the percentages differ in silent and loud modes. 54% of female students prefer to use their phones in silent mode where this percentage is just 26,5

for male. Majority of female students (54%) set their phones to silent mode. Most of the male students (48,9%) set their phones to vibration mode. Because the sample size is not so big, it's hard to comment on some results. Only 6 students indicated they set their mobile phones to loud mode during courses. Whereas one of them is female, 5 respondents is male. The pattern of percentages within genders reveal the intention of students. Male students seem calmer, whereas female participants appear more sensitive about disturbing their classmates.

Table 2: Sound Profile * Gender Relation

		Gender		Total
		Female	Male	
Turned off	Count	4	4	8
	% within Sound Profile	50,0%	50,0%	100,0%
	% within Gender	1,9%	2,9%	2,3%
	% of Total	1,1%	1,1%	2,3%
Silent	Count	114	41	155
	% within Sound Profile	73,5%	26,5%	100,0%
	% within Gender	54,0%	29,7%	44,4%
	% of Total	32,7%	11,7%	44,4%
Vibration	Count	92	88	180
	% within Sound Profile	51,1%	48,9%	100,0%
	% within Gender	43,6%	63,8%	51,6%
	% of Total	26,4%	25,2%	51,6%
Loud	Count	1	5	6
	% within Sound Profile	16,7%	83,3%	100,0%
	% within Gender	0,5%	3,6%	1,7%
	% of Total	0,3%	1,4%	1,7%
Total	Count	211	138	349
	% within Sound Profile	60,5%	39,5%	100,0%
	% within Gender	100,0%	100,0%	100,0%
	% of Total	60,5%	39,5%	100,0%

Phubbing can occur by texting, surfing the web, checking time, answering a call etc. The multiple choice question about the usage purpose of mobile phones during class revealed that majority of the students (77,8%) use their phones to check time or date and 54,5% use as a calculator. Although these purposes show students so innocent, 56,9% of them indicated they check whatsapp, 41% send messages, 32,9% surf the web, 22% use facebook during courses. This results show that checking time or date forms the greatest portion of phubbing.

However, students do not feel that instructors are aware of their phubbing habits. Almost half of the respondents

indicated that it is easy to text in class without the instructor being aware. Another third of the respondents said that the difficulty depends on the class, with it being easy in some and more difficult in others. When asked to complete the following statement, "If college instructors only knew about text messaging in the classroom, they would be shocked," students most commonly responded (84%) that instructors would be shocked if they knew how much texting goes on. So, students are consistent in their views that instructors are unaware of the extent to which texting occurs. Students apparently do not want to risk a confrontation with the professor, and so are less likely to text in class if the instructor has a set policy and seems to care whether the students are texting. The participants also claim that %92 of the instructors, who care about phubbing and have a set of rules during courses, is male.

The size of the classroom also has a big impact on how easy it is to phub without being noticed. The vast majority (92%) of participants believed they could text without the instructor being aware in a classroom that had more than 50 students, and about half felt they could go undetected in a class with fewer than 25 students. This percentage decreased to only 16% if the class had less than 10 students. Consistent with this finding, when asked to specify what classroom characteristics make it easier to text, participants most frequently referred to the size of the classroom, indicating that it is easier in large classrooms, with more students. This seems to be particularly true when the room is crowded and there is an obstructed view from the instructor to the phubbing student.

With the apparent widespread use of cell phones in class, we questioned the reasons which make the students to phub during courses. About 13% of the students surveyed indicated that they prefer to phub because they

wanted to be online. Another 13% claimed that they do it just for fun. The greatest portion with 60% said they start phubbing because they get bored during courses, only 14% indicated they get busy with their mobile phones in an emergency.

Although the students continue phubbing, they are aware of its disadvantages. Nearly 80% of the participants indicated that they become distracted and miss the course because of phubbing. Also 21% of them confess that phubbing during courses effect their academic performance negatively.

Based on student responses to the present research, it appears that students are not willing to simply give up their mobile phones in class and would continue to try to phub even if classroom policies banned their possession or use. When students understand the need to have a mobile phone policy and can help to set that policy for a class, they may be more likely to comply. It appears that many of the offending students may not be aware that their behavior is causing a distraction for their classmates, or that phubbing could be a problem for the instructor. Given the additional information, the students may be more likely to comply with an existing policy or help negotiate an alternative policy they would be willing to follow.

Having a cell phone policy in place is not enough, however. Faculty must enforce the policy for it to be effective. Individual instructors must monitor the use of cell phones, making it clear that phubbing will not be tolerated. Clearly the use of mobile phones in the college classroom is an issue that academic institutions cannot ignore, and it demands action by faculty to ensure an effective learning environment for all students..

References

- Babbie, E. (2001). *The Practice of Social Research: 9th Edition*. Belmont, CA: Wadsworth Thomson
- Barks, A., Searight, H., & Ratwik, S. (2011). Effects of Text Messaging on Academic Performance. *Journal of Pedagogy and Psychology "Signum Temporis"*, 4(1), 4-9.
- Bayless, M. L., Clipson, T., & Wilson, A. (2013). Faculty Perceptions and Policies of Students' Use of Personal Technology in the Classroom. *Journal of Research in Business Information Systems*, 119.
- Belwal, R., Belwal, S., (2009). Mobile Phone Usage Behavior of University Students in Oman. NISS '09 Proceedings of the 2009 International Conference on New Trends in Information and Service Science. IEEE Computer Society, pp. 954-962.
- Braguglia, K. H. 2008. Cellular telephone use: A survey of college business students. *Journal of College Teaching & Learning* 5: 55–61.
- Burns, S. M., & Lohenry, K. (2010). Cellular phone use in class: Implications for teaching and learning: A pilot study. *College Student Journal*, 44(3), 805-810.
- Campbell, S. (2004, November). Normative mobile phone use in public settings. Annual Meeting of the National Communication Association. Chicago, IL.
- Campbell, S. (2006). Perceptions of Mobile Phones in College Classrooms: Ringing, Cheating, and Classroom Policies. *Communication Education*, 55(3), 280-294.
- Campbell, S., & Russo, T. (2003). The social construction of mobile telephony: An application of the social influence model to perceptions and uses of mobile phones within personal communication networks. *Communication Monographs*(70), 317-334.
- Clayson, D.E., & Haley, D.A. (2012). An introduction to multitasking and texting: Prevalence and impact on grades and GPA in marketing classes. *Journal of Marketing Education*, 35(1), 26–40.
- Dzubak, C. M. (2012). Does multitasking interfere with learning?. *The Journal of the Association for the Tutoring Profession*. Retrieved Jan 3, 2015, from <http://www.myatp.org/wp-content/uploads/2012/06/Synergy-Vol-5- Dzubak.pdf>
- Elgan, M. (2010). Here Comes the New Cell Phone Etiquette. [www.computerworld.com: http://www.computerworld.com/article/2522809/mobile-wireless/here-comes-the-new-cell-phone-etiquette.html](http://www.computerworld.com/article/2522809/mobile-wireless/here-comes-the-new-cell-phone-etiquette.html) adresinden alındı
- End, C. M., Worthman, S., Mathews, M. B., & Wetterau, K. (2010). Costly cell phones: The impact of cell phone rings on academic performance. *Teaching of Psychology*, 37, 55–57.
- Fischer, G., & Konomi, S. (2005). *Innovative Media in Support of Distributed Intelligence and Lifelong Learning*. Third IEEE

- International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE, 2005). Japan.
- Foerde K., & Knowlton B.J., & Poldrack R.A. (2006). Modulation of competing memory systems by distraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103: 11778–11783.
- Froese, A. D., Carpenter, C. N., Inman, D. A., Schooley, J. R., Barnes, R. B., Brecht, P. W., & Chacon, J. D. (2012). Effects of Classroom Cell Phone Use on Expected and Actual Learning. *College Student Journal*, 46(2), 323-332.
- Gilroy, M. (2004). Invasion of the classroom cell phones. *Education Digest*, 69(6), 56-60.
- GSMA Intelligence. Definitive data and analysis for the mobile industry. Retrieved Dec 10, 2014, from <https://gsmaintelligence.com/>
- ITU. (2002). World communication indicators database (6th ed.).
- Jacobsen, W., & Forste, R. (2011). The wired generation: Academic and social outcomes of electronic media use among university student. *Cyberpsychology, Behavior, & Social Networking*, 14(5), 275-280.
- Jenkins, R. (2011). The Rules About Classroom Rules. *The Chronicle of Higher Education*. Retrieved Feb 21, 2015, from <http://chronicle.com/article/The-Rules-About-Classroom/130048/>
- Katz, J. (2005). Mobile phones in educational settings. K. Nyiri içinde, *A sense of place: The global and the local in mobile communication* (s. 305-317). Vienna: Passagen.
- Ling, R. (1997). "One can talk about common manners!": The use of mobile telephones in inappropriate situations. Stockholm: Telia.
- Ling, R. (2002). The social juxtaposition of mobile telephone conversations in public spaces. Conference on Social Consequences of Mobile Telephones. Chunchon.
- Massimini, M., and Peterson, M. (2009). Information and communication technology: Affects on U.S. college students. *Cyberpsychology: Journal of Psychosocial Research on Cyberspace*, 3(3), 1-15.
- McCoy, B., "Digital Distractions in the Classroom: Student Classroom Use of Digital Devices for Non-Class Related Purposes" (2013). Faculty Publications, College of Journalism & Mass Communications. Paper 71.
- Mifsud, L. (2003). Learning "2go": Pedagogical challenges to mobile learning technology in education. K. Nyiri içinde, *Mobile learning: Essays on philosophy, psychology, and education* (s. 165-173). Vienna: Passagen.
- Milrad, M. (2003). Mobile learning: Challenges, perspectives, and reality. K. Nyiri içinde, *Mobile learning: Essays on philosophy, psychology, and education* (s. 151-164). Vienna: Passagen.
- Murtagh, G. (2002). Wireless world: Social and interactional aspects of the mobile age. B. Brown, N. Green, & R. Harper içinde, *Seeing the "rules": Preliminary observations of action, interaction and mobile phone use* (s. 81-91). London: Springer.
- Nyiri, K. (2002). Towards a philosophy of M-learning. *Proceedings of the IEEE Computer Society: Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE, 2002)*, (s. 121-124). Sweden.
- Ophir, E., & Nass, C., & Wagner, Anthony D., & Posner, Michael I. (2009). Cognitive Control in Media Multitaskers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106 (37) 15583-15587.
- Rice, R., & Katz, J. (2003). Mobile discourtesy: National survey results on episodes of convergent public and private spheres. *Mobile democracy: Essays on society, self and politics*, Vienna: Passagen Verlag.
- Rosenfeld, B., & O'Connor-Petruso, S. (2010). Rude-ness in the classroom: A survey of college students' perceptions of inappropriate use of technology. 33rd Proceedings of the Association for Educational Communications and Technology: On the Practice of Educational Communications and Technology, 2, s. 263-266. USA.
- Shrivastava, A., & Shrivastava, M. (2014). Classroom Distraction Due to Mobile Phones Usage by Students: College Teachers' Perceptions. *International Journal of Computer and Information Technology*, 3(3), 638-642.
- Synnott, C.K. (2013). Smartphones in the Classroom: University Faculty Members' Experiences. *Journal of Higher Education Management*, 28(1), 119-130.
- Thomas, J. (2009) Chronic Media Multi-tasking Makes it Harder to Focus. U.S. News and World Report. Retrieved Jan 3, 2015, from <http://health.usnews.com/health-news/family-health/brain-and-behavior/articles/2009/08/24/chronic-media-multi-tasking-makes-it-harder-to>
- Tindell, D., & Bohlender, R. (2010). The use and abuse of cell phones and text messaging in the classroom: A survey of college students. *Wilkes University News Archives*.
- Tindell, D., & Bohlender, R. (2012). The use and abuse of cell phones and text messaging in the classroom: a survey of college students. *College Teaching*, 60(1), 1-9.
- Wei, F. F., & Wang, Y. K., (2010). Students' Silent Messages: Can Teacher Verbal and Nonverbal Immediacy Moderate Student Use of Text Messaging in Class? *Communication Education*. Vol. 59 Issue 4, p475-496.
- Wei, F. F., & Wang, Y. K., & Klausner, M. (2012). Rethinking College Students' Self- Regulation and Sustained Attention: Does Text Messaging During Class Influence Cognitive Learning? *Communication Education*. Vol. 61 Issue 3, p185-204.
- Wireless Intelligence. Wireless Intelligence: Market data and analysis on the global wireless industry. Retrieved Oct 18, 2014, from <https://www.wirelessintelligence.com/Index.aspx>
- Young, J. (2006). Students passing notes in class via text message. Retrieved Jan 3, 2015, from <http://www.chronicle.com>.



2015.03.02.STAT.04

A COMPARISON OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND MULTIPLE LINEAR REGRESSION MODELS AS PREDICTORS OF DISCARD RATES IN PLASTIC INJECTION MOLDING

Vesile Sinem ARIKAN KARGI *

Dr., Research Assistant, Economics and Administrative Sciences Faculty, Econometrics Department, Uludağ University, Bursa

Received: 04 November 2015

Accepted: 22 December 2015

Abstract

In today's global competitive environment, it is important to be able to evaluate the efficient use of a firms' resources. The aim of this study is to predict the discard rate for headlight frames before the project of an automotive sub-industry firm in Bursa. For this prediction, the multilayer perceptron model, the radial basis function network model and multiple linear regression models were used. Matlab R2010b software was used for the multilayer perceptron model and radial basis function network solutions, and SPSS 13 packet software was used to solve the multiple linear regressions. Comparing the three models, the multilayer perceptron model was identified as the best predictive model.

Keywords: Artificial neural network, Multilayer perceptron model, Radial basis function network model, Multiple linear regression model, Discard rate
Jel Code: C13,C45

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLAMADA İSKARTA ORANI TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞLARI VE ÇOKLU DOĞRUSAL REGRESYON MODELLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Özet

Günümüz küresel rekabet koşullarında firmaların kaynakları etkin kullanarak değerlendirmesi oldukça önemli bir konudur. Bu çalışmanın amacı Bursa'da bir otomotiv yan sanayi firmasının proje öncesinde far çerçeve parçasının iskarta oranını tahmin etmektir. Bu tahmin için yapay sinir ağ modellerinden çok katmanlı algılayıcı model, radyal tabanlı fonksiyon ağ modeli ve çoklu doğrusal regresyon model teknikleri kullanılmıştır. Çalışmada çok katmanlı algılayıcı model ve radyal tabanlı fonksiyon ağ model çözümleri için Matlab R2010b programı, çoklu doğrusal regresyon model çözümü için SPSS 13 paket programı kullanılmıştır. Firmanın iskarta oranı tahmininde bu üç model kıyaslanmış ve en uygun modelin çok katmanlı algılayıcı model olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Yapay sinir ağları, Çok katmanlı algılayıcı model, Radyal tabanlı fonksiyon ağ modeli, Çoklu doğrusal regresyon model, Iskarta oranı
Jel Kodu : C13,C45

1. INTRODUCTION

Aggressive competition in demand-driven global markets forces firms to produce fewer faulty products. To achieve this firms use methods such as lean production, Six Sigma, benchmarking, total quality management, and

just-in-time production (Arıkan Kargı,2015).

As with every industry, the plastics industry aims to produce quality products in the shortest possible time and with lowest possible cost. The project firm for this study in Bursa employs a lean production system. Lean production is defined as a system in which wastage with

* vesa@uludag.edu.tr (Corresponding author)

no added value, such as faults, costs, inventory, labour, development processes, production area wastage, or customer dissatisfaction is minimised (Womack et al, 1990). The quality of production is an essential condition for a firm applying lean principles. In lean production “product quality” requires a discard rate of 3,4 per million to 0.

Plastic goods such as toys, automobile parts, various electronic parts, or the home appliances we encounter in daily life, are mostly produced by using injection molding techniques. Plastic injection molding is a process for producing parts by injecting molten thermoplastic material into a mold and removing the part after it has hardened on cooling (Özek and Çelik, 2011). Thermoplastics materials are used in the injection molding process. Thermoplastics structurally become soft and fluent under heat, and harden when cooled down only undergo physical change. For this reason injection molding is used for shaping thermoplastics (Chang et al, 2007).

2. LITERATURE REVIEW

One of the prediction tools used for plastic injection molding is artificial neural networks. In the literature Rewal and Toncich (1998) used artificial neural networks to predict part weights and improve part quality. Lau et al. (1999) used artificial neural networks and fuzzy logic for mold manufacturing for plastic injection molding. Artificial neural networks were used to study the effect of input parameters such as injection time, cooling time, clamping time and clamping pressure on parts that are molded. Sadeghi (2000) used back-propagation techniques for predicting ideal injection pressure and injection time for high density polyethylene materials. Zhu and Chen (2006) predicted flashes (excess material attached to the finished product) in injection molding operations by analyzing data with a fuzzy neural network algorithm, using injection speed, melting temperature and clamping pressure as input parameters, to create a multiple regression model. Öktem et al. (2006) used neural networks and genetic algorithms to determine cutting parameters, such as cutting speed, feeding amount, axial and radial cutting depths, and machining tolerances, for the minimization of surface hardness. The genetic algorithm and the neural network were able to determine the optimal cutting parameters for minimum surface hardness without any constraints. It can be seen that the values from this technique and measurements done for the experiments are very close to each other. Changyu et al. (2007) examined how injection molded parts are affected by process conditions. They indicated that a combination of artificial networks and genetic algorithms for optimization of injection molding processes produced satisfactory results. Karataş et al. (2007) using artificial neural networks, devised a new formula that is based on various injection parameters, for determining flow length in injection molding of commonly used commercial

plastics. Tsai and Luo (2015) used artificial neural networks and response surface methodology to obtain a prediction model for lens form correctness.

Our study is applied in a automotive sub-industry company which manufactures headlight frame parts by plastic injection molding in Bursa. In conclusion of the meeting which was held with the executives, it was stated that a new project will be started. In this new project, we were demanded that determining optimal parameters of headlight frame production for minimizing discard rates. To solve the problem faced by this automotive sub-industry firm, it was decided that using a multiple linear regression model, artificial neural network types multilayer perceptron model and radial basis function networks would be the most suitable due to the knowledge we attained. The main purpose of our study is predicting the discard rate before the project for headlight frames that are produced by plastic injection molding and determine which one of the three models that was used for the prediction is the most effective.

3. DATA AND METHOD

Data used in the study consist of 205 data points that were collected at the automotive sub-industry firm in January 2015. The data was used for determine the discard rate of headlight frame products and the parameters that lead to discards. Input parameters that cause discards are: injection pressure, mold temperature, injection speed, clamping pressure, counter-pressure, clamping time and screw-barrel unit temperature. The output parameter is the headlight frame discard rate.

This study used a multilayer perceptron model, a radial basis function network model, and a multiple linear regression model to predict the headlight frame discard rate.

3.1. Artificial Neural Network Models

Artificial neural networks (ANN), are information processing structures inspired by the human brain. They are parallelly distributed computer programs consisting of computing elements that are related to each other with weighted relations and that each have their own memory. In other words, ANNs are computer programs which mimic biological neural Networks (Elmas,2011).

ANNs simulating the performance of human brain have many features such as learning from data, generalizing, tolerating errors and working with unlimited number of variables. The smallest units forming the basis of ANN are called artificial neurons or computing elements. As in Figure 1, the simplest artificial neuron consists of five main components including inputs, weights, combination function, transfer function and output.

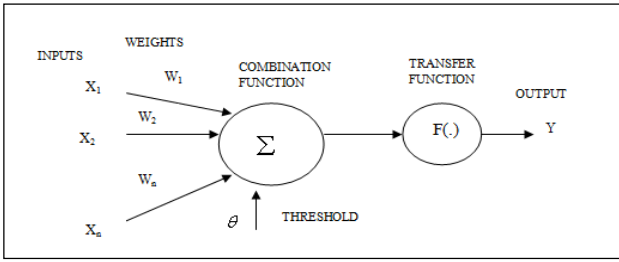


Figure 1. Functional Structure of an Artificial Neuron

Figure 1 shows that inputs (x_1, x_2, \dots, x_n) are obtained from outside the artificial neuron. These data can be provided by samples which the network will use to learn from – by another neuron or by the neuron itself. Weights (w_1, w_2, \dots, w_n) are values indicating the effects on sets of inputs or a computing element of previous layers. Each input is combined with a combination function through multiplication with weights, connecting input to computing element. The output (y) is determined by passing the result of the combination function through linear or nonlinear derivative transfer functions.

$$y = f\left(\sum_i^n x_i w_i + \theta\right) \tag{1}$$

To date, many artificial neural network models have been developed. The most commonly used, and the ones that were used in this study, are the multilayer perceptron (MLP) model and radial basis function network (RBFN) model.

3.1.1. Multilayer Perceptron Model

Multilayer perceptron (MLP) is a type of artificial neural network which uses at least one layer between the input and output layers. Contrary to single layer perceptron, MLP can produce solutions to non-linear problems, making MLPs the most popular type of artificial neural network, with widespread usage. The structure of an artificial neural network using one hidden layer between input and output layers is given below in Figure 2 (Lippmann, 1987).

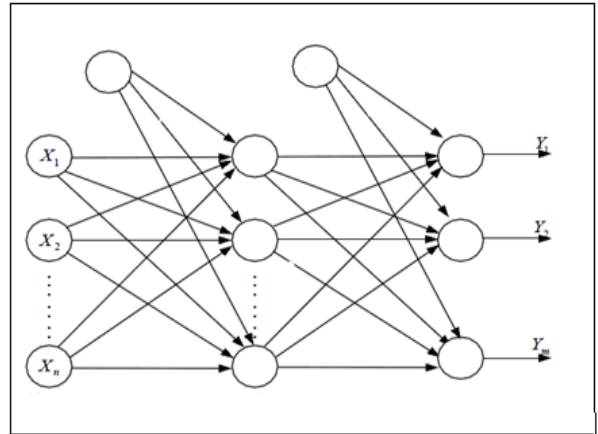


Figure 2. Structure of the Multilayer Perceptron Artificial Neural Network Model

An artificial neural network learns from training samples and acquires the ability to make generalizations. The power of a neural network is closely dependent on how well it can make generalizations using sample data sets. The learning process of an artificial neural network takes place with the calculation of link weights between layers. Weights are altered with the selected learning algorithm. In the learning phase of MLP networks, a back-propagation algorithm is generally chosen which aims to reduce and distribute errors from output to input layers. This is the most common type of algorithm in practice and has a supervised learning structure where a sample data set consisting of input and target values is given to train the network. In the learning phase of this supervised learning algorithm, weights are updated with the equation given below and a minimization of error function (Öztemel, 2003).

$$Total\ Error = TE = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^n (B_m - y_m)^2 \tag{2}$$

In Equation 2, B_m represents the output produced by the network, y_m represents real output value. To minimize the total error, link weights are recalculated and updated, making the network produce values closest to the real values. When the weights are updated correctly, the neural network correctly predicts the results for the newly input data.

3.1.2. Radial Basis Function Network Model

Radial basis function networks (RBFN) consist of three layers – one input layer, a single hidden layer used as transfer function and giving a name to the network, and one output layer [16]. Inputs of the network are non-linear, while the output is linear.

RBFNs were initially applied to the solution of multivariate interpolation † problems. The first RBF studies were carried out by Powell (1985) and then by Light (1992). At present, RBF is one of the principal fields of numeric analysis research. On the other hand, Broomhead and Lowe (1988) were the first researchers who used RBF for neural network design (Haykin,1999). RBF networks take a shorter period of time in training compared to MLP and they can approach the best solution without getting stuck on local minimums. Therefore, RBF networks have started to be used in applications involving prediction, curve fitting and function approximation as an alternative neural network to MLP (Kaynar et al, 2010). The structure of radial basis function network is given in Figure 3.

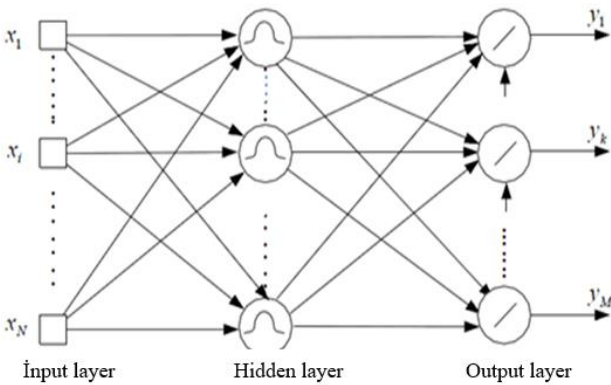


Figure 3. Structure of Radial Basis Function Artificial Neural Network

In this network type, inputs are directly transferred to a hidden layer without multiplication with weights, unlike MLPs. Then, as shown in the equation below, an output () is produced based on the distance between input vector and the reference vectors (uj) indicating the center of radial functions in the hidden layer. Although many distance measures are defined, generally the Euclidian distance, measuring the linear distance between two points, is used as the distance measure. And, although there are many radial basis functions suggested for hidden layers, Gauss function, as shown below, is the most preferred.

$$\phi_j = \exp\left(-\frac{\|x_i - u_j\|^2}{2\sigma_j^2}\right) \quad (3)$$

In Equation 3, x_i signifies the input vector given to the network and u_j represent the central (reference) vector, while $\| \cdot \|$ is the distance function and σ_j indicates the spread of Gauss function. Then, ϕ_j values obtained in the hidden layers are multiplied with weights and totalled to

give the output of the network, as is shown in the below equation.

$$y_k = \sum_{j=1}^L w_{kj} \phi_j + b_k \quad (4)$$

In equation 4, L is the number of nodes in the hidden layer, y_k is the output (w_{kj}) for k^{th} input of j^{th} node, b_k is the weight between k^{th} RBF unit and j^{th} output node and threshold of k^{th} node.

In designing an RBF network, many different training approaches are proposed in the literature for determining the radial basis functions' central vector. Some of these approaches are: fixed centres selected at random, self-organised selection of centres, and supervised selection of centres (Haykin, 1999).

3.2. Multiple Linear Regression Model

The multiple linear regression method is used to investigate the linear relation between one dependent variable and two or more independent variables. It is generally shown as a model demonstrating the relation between dependent variable (output) and n-independent variables (input) (Tso and Yau, 2007).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + u \quad (5)$$

In Equation 5, y is the output variable, x_i ($i=1,2..n$) are the input variables, parameter is the regression coefficient, coefficients of x which are β_i ($i=1,2..n$) are partial regression coefficients, and u is the random error term. Multiple linear regression analysis makes use of least squares method. This method minimizes the sum of the differences between real and predicted y values.

Comparing artificial neural networks and the multiple regression model, the criteria are: determination coefficient (R^2), mean squared error (MSE), root mean squared error (RMSE), mean absolute error (MAE). According to these criteria, the better fitted model with higher R^2 and lower MSE, RMSE ve MAE values is chosen. The equations of subject and terms used in these equations are given below.

$$R^2 = 1 - \frac{n-1}{n-k} (1 - R^2) \quad (6)$$

† "Interpolation" is a general method of predicting possible values at different and unknown points or in the range of these points based on existent (known) data points.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2 \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2} \quad (8)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| y_i - \hat{y}_i \right| \quad (9)$$

In the equation y_i is the target (actual) output value, \hat{y}_i is the output value produced by the network (predicted), n is the number of data and k is the numbers of variables used in the model.

4. COMPARISON OF THE MODELS AND RESULTS

In this section, the models used to predict the factory's headlight frame discard rates and the results are discussed.

4.1. Multilayer Perceptron Model and Results

The data that is used in the study consists of 205 items that is collected on January 2015. Matlab R2010b program has been used in order to construct and solve the model. The data is divided such that 80% is the training data and 20% is the test data. 25% of the training data is separated as the verification data, thus, The whole dataset is divided randomly into three parts so that 60% of data is for training (123 items), 20% verification (41 items), and the remaining 20% is for the test (41 items).

The multilayer perceptron model constructed for training had an input layer consisting of 7 neurons (injection pressure, mold temperature, injection speed, clamping pressure, counter-pressure, clamping time and screw design unit temperature), and a single neuron at the output layer represented the discard rate for plastic headlight frame production. The hidden layer architecture was determined by trial and error and there was only one hidden layer in the model used in this study. In order to determine the number of neurons in the hidden unit, cases from 1 neuron to 50 neurons were tried so that each model was tested 10 times to determine the best model for our study. The hyperbolic tangent sigmoid (tansig) transfer function was used between the input and hidden layers in the model. A linear (pureline) transfer function was used between the hidden and output layers. While searching for the most suitable model, a Levenberg-Marquardt (LM) back-propagation algorithm was used for training. The maximum number of iterations (epoch) during training in the program was 1000. The performance criteria were MSE, RMSE and MAE. The program sets the learning rate

as 0.001 in the beginning and changes it automatically by increasing or decreasing as the performance degrades.

After a model suitable for the parameters was constructed and trained, the most suitable variant was determined by testing the results. The lowest MSE, RMSE and MAE values and the highest R^2 value was obtained with the model having 8 hidden neurons. Therefore, a 7-8-1 network model is the most suitable having 7.30 MSE, 2.70 RMSE, 2.12 MAE and 0.75 R^2 values. The high determination coefficient, R^2 , demonstrates that the prediction is correct.

The change of the error values for training, verification and test sets for each iteration is given in Figure 4. Best performance was obtained on iteration (epoch) 11.

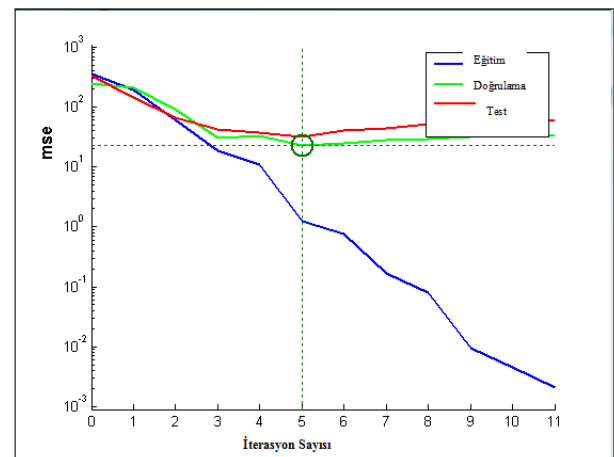


Figure 4. MSE of training, verification and test sets

4.2. Radial Basis Function Network Model and Results

As in the multilayer perceptron model, the dataset for the radial basis function network model was divided into 60% training data, 20% verification data, and 20% test data. The RBF network model had 7 neurons in its input layer and a single neuron in its output layer. Spread and center-value parameters that needed to be determined for this network structure were found by trial and error. The spread parameter was determined as 8. The values for these parameters are 1, 10, 100, 1000, 10,000, 100,000, 1,000,000, 10,000,000. Trials were made for the number of neurons from 50 to 250 by increasing by 50. Therefore, in this study the neuron numbers were taken as 50, 100, 150, 200 and 250. The transfer function between the input layer and the hidden layer is a radial based Gaussian function. The transfer function between the hidden layer and the output layer is a linear (pureline) function. The performance criteria is MSE, RMSE and MAE values as in the MLP model.

After the model suitable for the parameters was constructed and trained, the most suitable variant is determined by testing the results. Using the Matlab R2010b program the results determined a 50-1 network

structure model as the most suitable. The factors affecting the choice of this model were the least values of MSE, 7.38, RMSE, 2.72, MAE, 2.12, and highest value of R^2 which is 0.73.

The change of the error values of training, verification and test sets after training is given in Figure 5. As seen in Figure 5, training of the network reached an optimum value at iteration (epoch) 164.

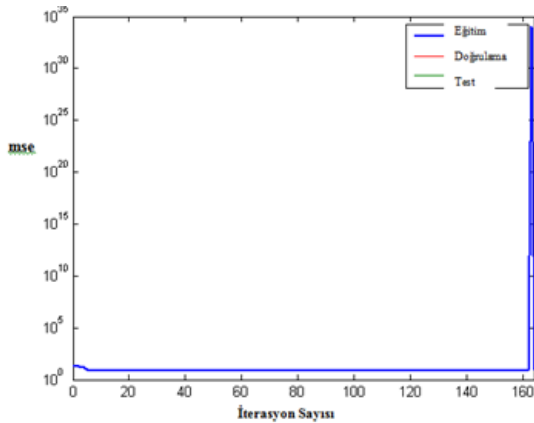


Figure 5. MSE of training set

4.3. Multiple Linear Regression Model and Results

After determining that the distribution of the data obtained from the company is normal, and there are no multicollinearity problems among the independent variables, a multiple linear regression model was applied to the abovementioned discard rate problem. More than half (61%) of the company's discard rate is explained through independent variables such that injection pressure, mold temperature, injection rate, clamping pressure, counter-pressure, clamping time and screw-barrel unit temperature. F table values obtained from the variance analysis table demonstrated that the model is meaningful as a whole. Then, coefficients of independent values were found by predictions about the model and a t test was conducted to determine whether each variable affected the discard rate on its own. A significance level of 0.05 was used and 3 of 7 independent variables were found as significant in the analysis. Therefore, the multiple linear regression model for the firm included in the study was determined to be equation 10.

$$\hat{Y} = 16,082 - 0,110x_1 + 0,034x_3 - 0,645x_5 \quad (10)$$

This concluded that injection pressure (X_1), injection speed (X_3) and counter-pressure (X_5) variables affect the discard rate with 1 bar of increase in injection pressure resulting in a 0.11 decrease in the discard rate, and a 1 second increase in injection speed resulting in a 0.034 decrease in the discard rate. An increase of 1 bar in

counter-pressure results in a decrease of 0.645 in the discard rate.

Comparing the prediction performances of the MLP, RBF and MLR models, this study demonstrates that MLP is the best model for the company as it achieves the highest coefficient of determination (R^2) and lowest error performance criteria as seen in Table 1. Therefore, the company will be 75% successful in predicting the discard rates of the headlight frame piece if the MLP model is used before the project.

Table 1. Comparison of MLP, RBF and MLR Models

Model	R^2	MSE	RMSE	MAE
MLP	0,75	7,30	2,70	2,12
RBF	0,73	7,38	2,72	2,12
MLR	0,61	8,21	2,86	1,91

5. CONCLUSION

This study demonstrates that when managers use artificial neural network models, it is possible to produce a minimum quantity of defective items by determining the properties of the product before producing orders requested by the customer. Moreover, by taking measures based on information obtained from the model, the company can channel its resources better by making the right decisions and providing the supply of raw materials needed for production in advance. This also enables the company to deliver customer orders on time, with fast, high-quality production by reducing scrap costs resulting from production and supply delays.

This study developed three models that help determine what percentage of items are going to be discarded on average by changing some of the input variables of the headlight frame parts to be produced. Comparing three models, this study concluded that the MLP model is the best for predicting headlight frame part discard rates. As such, this study is expected to contribute to the company's production quality and efficiency, a reduction of "safety stock" needed to be held in reserve, and an increase in the company's revenue.

References

- Arıkan Kargı, V.S.(2015). Yapay Sinir Ağ Modelleri ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Chang, P., Hwang, S., Lee, H. and Huang, D.(2007). Development of an External-Type Microinjection Molding Module for Thermoplastic Polymer. *Journal of Materials Processing Technology*, 184(1-3), 163-172.
- Changyu, S., Lixia, W. and Qian, L.(2007). Optimization of Injection Molding Process Parameters Using Combination of Artificial Neural Network and Genetic Algorithm Method. *Journal of Materials Processing Technology*, 183(1), 412-418.
- Elmas, Ç.(2011). Yapay Zeka Uygulamaları, Seçkin yayınevi, Ankara.
- Haykin, S.(1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, New Jersey.
- Karataş, Ç., Sözen, A., Arcaklıoğlu and E., Ergüney, S.(2007). Modelling of Yield Length in The Mould of Commercial Plastics Using Artificial Neural Networks. *Materials and Design*, 28(1), 278-286.
- Kaynar, O.,Taştan, S. and Demirkoparan, F.(2010). “Ham Petrol Fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini”, *Ege Academic Review*, 10(2), 575-596.
- Kim, K. B. and Kim, C. K.(2004). “Performance Improvement of RBF Network Using ART2 Algorithm and Fuzzy Logic System” , Australia Conference on Artificial Intelligence.
- Kuo-Ming T. and Hao-Jih L.(2015). “Comparison of Injection Molding Process Windows for Plastic Lens Established By Artificial Neural Network and Response Surface Methodology”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(9), 1599-1611.
- Lau, H.C.W., Wong, T.T. and Pun, K.F. (1999). Neural-Fuzzy Modeling of Plastic Injection Molding Machine for Intelligent Control. *Expert System with Applications*, 17(1), 33–43.
- Lippmann, R. P.(1987). An Introduction to Computing with Neural Nets, *IEEE ASSP Magazine*, 4(2), 4-22.
- Öktem, H., Erzurumlu, T. and Erzincanlı, F.(2006). Prediction of Minimum Surface Roughness in End Milling Mold Parts Using Neural Network and Genetic Algorithm. *Materials and Design*, 27(1), 735-744.
- Özek ,C. and Çelik, Y. H.(2011). Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Enjeksiyon Sürelerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. *Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(1), 35-42.
- Öztemel, E.(2003). Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Rewal,N. and Toncich,D.(1998). Predicting Part Quality In Injection Molding Using Artificial Neural Networks. *Journal of Injection Molding Technology*, 4(2), 109-119.
- Sadeghi, B.H.M.(2000). A BP- Neural Network Predictor Model for Plastic Injection Molding Process. *Journal of Materials Processing Technology*,103(3), 411–416.
- Tso GK and Yau KK.(2007). “Predicting Electricity Energy Consumption: A Comparison of Regression Analysis, Decision Tree and Neural Networks”, *Energy*, 32(9), 1761-1768.
- Womack, P.J., Daniel J.,T. and Ross, D.(1990). *Dünyayı Değiştiren Makine*, Çeviri Osman Kabak. İstanbul: Panel Matbaacılık.
- Zhu, J. and Chen, J.C.(2006). Fuzzy Neural Network Based in Process Mixed Material Caused Flash Prediction (FNN-IPMFP) in Injection Molding Operations. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 29(1), 308-316.

Appendixes

App 1. Determining the Most Appropriate MLP Model

Hidden Layer Neurons Number	R	R ²	MSE	RMSE	MAE
1	0,8532	0,7280	7,8275	2,7978	2,0012
2	0,8562	0,7331	7,7500	2,7839	1,9204
3	0,8497	0,7220	8,0761	2,8419	2,2266
4	0,8546	0,7304	7,6992	2,7747	2,0287
5	0,8527	0,7270	8,1588	2,8564	2,3534
6	0,8325	0,6931	8,7674	2,9610	2,4162
7	0,8354	0,6978	8,6475	2,9407	2,1481
8	0,8505	0,7233	9,2089	3,0346	2,3858
9	0,8366	0,6998	8,5773	2,9287	2,2066
10	0,8688	0,7549	7,3021	2,7053	2,1215
11	0,8024	0,6439	10,2615	3,2034	2,5273
12	0,8126	0,6603	10,9568	3,3101	2,7907
13	0,8455	0,7148	8,4040	2,8990	2,2431
14	0,8210	0,6740	9,9539	3,1550	2,7632
15	0,8198	0,6721	10,2984	3,2091	2,6622
16	0,8138	0,6623	10,8372	3,2920	2,7283
17	0,8042	0,6468	10,2487	3,2014	2,5657
18	0,7909	0,6255	11,3112	3,3632	2,7468
19	0,8032	0,6451	11,0665	3,3266	2,9328
20	0,8132	0,6612	12,2284	3,4969	2,7786
21	0,8095	0,6553	11,8901	3,4482	2,6975
22	0,8165	0,6666	9,8235	3,1343	2,6293
23	0,8010	0,6416	11,2669	3,3566	2,6867
24	0,7899	0,6240	11,1468	3,3387	2,3877
25	0,7829	0,6129	11,7594	3,4292	2,6940
26	0,7376	0,5441	17,6229	4,1980	3,5541
27	0,7685	0,5906	14,6171	3,8232	3,2345
28	0,7155	0,5120	15,9091	3,9886	3,2660
29	0,8068	0,6509	10,2968	3,2089	2,6651
30	0,7231	0,5229	15,5896	3,9484	3,2965
31	0,7454	0,5556	14,0067	3,7426	3,0577
32	0,7998	0,6397	13,7264	3,7049	3,0690
33	0,7956	0,6330	12,9592	3,5999	3,3047
34	0,7602	0,5779	15,4935	3,9362	3,2383
35	0,6755	0,4563	18,2181	4,2683	3,4603
36	0,7449	0,5548	14,5766	3,8179	3,2552
37	0,7684	0,5904	13,8562	3,7224	3,0509
38	0,7392	0,5463	18,0386	4,2472	3,6326
39	0,4894	0,2396	26,5439	5,1521	4,2567
40	0,6008	0,3610	27,0933	5,2051	4,3843
41	0,6750	0,4556	18,1257	4,2574	3,5739
42	0,6827	0,4661	17,0325	4,1270	3,5823
43	0,7348	0,5399	20,5398	4,5321	3,5720
44	0,5837	0,3408	24,8558	4,9856	4,0338

Hidden Layer Neurons Number	R	R ²	MSE	RMSE	MAE
45	0,6382	0,4074	20,3158	4,5073	3,4869
46	0,5818	0,3385	22,8085	4,7758	3,8513
47	0,5075	0,2576	25,8248	5,0818	4,2802
48	0,5713	0,3263	27,4861	5,2427	4,3890
49	0,6075	0,3691	36,9688	6,0802	5,0571
50	0,6175	0,3814	25,1545	5,0154	4,5201

AS	Hidden Layer Neurons Number	R	R ²	MSE	RMSE	MAE
S=1000000	50	0,7170	0,5141	13,7110	3,7028	2,9994
	100	0,7699	0,5927	11,7919	3,4339	2,8904
	150	0,7821	0,6117	10,5994	3,2557	2,6208
	200	0,7807	0,6095	10,5104	3,2420	2,9511
	250	0,7995	0,6392	10,0213	3,1656	2,8252

AS : Appropriate Spread

App 2. Determining the Most Appropriate RBFN Model

AS	Hidden Layer Neurons Number	R	R ²	MSE	RMSE	MAE
S=1	50	0,7989	0,6383	9,9855	3,1600	2,4433
	100	0,8233	0,6777	8,9138	2,9856	2,1982
	150	0,8400	0,7056	8,2819	2,8778	2,0698
	200	0,8474	0,7180	8,2065	2,8647	2,0548
	250	0,8199	0,6722	8,8600	2,9766	2,3080
S=10	50	0,8513	0,7247	8,0936	2,8449	2,1575
	100	0,8297	0,6884	9,0348	3,0058	2,2965
	150	0,8585	0,7370	7,3859	2,7177	2,1195
	200	0,8500	0,7226	7,8544	2,8026	2,4648
	250	0,8415	0,7082	7,7320	2,7806	2,1574
S=100	50	0,8426	0,7100	7,8360	2,7993	2,2717
	100	0,8204	0,6731	9,3284	3,0542	2,1022
	150	0,8254	0,6814	9,5250	3,0863	2,2380
	200	0,8189	0,6706	8,6790	2,9460	2,3971
	250	0,8536	0,7287	7,1610	2,6760	2,2451
S=1000	50	0,8278	0,6853	8,8174	2,9694	2,4387
	100	0,8473	0,7178	8,1686	2,8581	2,1210
	150	0,8485	0,7200	7,4002	2,7203	2,5174
	200	0,8239	0,6789	9,7657	3,1250	2,3966
	250	0,7920	0,6273	10,2602	3,2032	2,6689
S=10000	50	0,7912	0,6260	10,4473	3,2322	2,8650
	100	0,8248	0,6803	10,0047	3,1630	2,9858
	150	0,8055	0,6489	9,7022	3,1148	2,4976
	200	0,8252	0,6810	8,9947	2,9991	2,3007
	250	0,7815	0,6107	10,9942	3,3158	2,8167
S=100000	50	0,7771	0,6039	10,6460	3,2628	2,7007
	100	0,8264	0,6829	9,4598	3,0757	2,5181
	150	0,7885	0,6218	12,5899	3,5482	2,6120
	200	0,7625	0,5814	11,6205	3,4089	2,5253
	250	0,7903	0,6245	10,4660	3,2351	2,5672
S=1000000	50	0,8062	0,6500	9,8731	3,1421	2,6242
	100	0,8459	0,7155	8,6097	2,9342	2,5241
	150	0,7789	0,6066	10,7940	3,2854	2,7113
	200	0,7531	0,5672	11,7469	3,4274	2,9254
	250	0,8163	0,6663	12,8995	3,5916	3,0020



2015.03.02.STAT.05

SOME ROBUST ESTIMATION METHODS AND THEIR APPLICATIONS

Tolga ZAMAN*

Kamil ALAKUŞ †

Research Assistant, Department of Statistics, Faculty of Science and Arts, Ondokuz Mayıs University, Samsun
Assoc. Prof. Dr., Department of Statistics, Faculty of Science and Arts, Ondokuz Mayıs University, Samsun

Received: 16 November 2015

Accepted: 26 December 2015

Abstract

This study examines robust regression methods which are used for the solution of problems caused by the situations in which the assumptions of LSM technique, which is commonly used for the prediction of linear regression models, cannot be used. Robust estimators are not influenced by small deviations and discrepancies. For this purpose, some robust regression techniques which are used in situations in which the assumptions cannot be made were introduced and parameter estimation algorithms of these techniques were analyzed. Regression models of the methods of Lad, Weighted $-M$ regression, Theil regression and Least Median Squares, coefficients of determination and average absolute deviations were calculated and the results were discussed as to which of these methods gave better results.

Keywords: Robust Regression Methods, Least Square Errors Methods, Average Absolute Deviations, Coefficient of Determination

Jel Code: C40

BAZI ROBUST TAHMİN YÖNTEMLERİ VE UYGULAMALARI

Özet

Bu çalışmada doğrusal regresyon modellerinin tahmininde yaygın olarak kullanılan EKK tekniğinin varsayımlarının sağlanmamasından kaynaklanan problemlerin çözümü için kullanılan Robust regresyon yöntemleri incelenmiştir. Robust tahmin ediciler küçük sapmalardan, aykırılıklardan etkilenmezler. Bu amaçla, çalışmada varsayımların sağlanmadığı durumlarda kullanılan bazı robust regresyon teknikleri tanıtılmıştır ve bu tekniklere ait parametre tahmin algoritmaları incelenmiştir. Uygulamada Lad, Ağırlıklı $-M$ regresyon, Theil regresyon ve En küçük Medyan Kareler yöntemlerine ait regresyon modeli, belirleme katsayıları ve ortalama mutlak sapmalar hesaplanmış olup, bu tahmin edicilerden hangisinin daha iyi sonuç verdiği tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Robust Regresyon Methodları, En Küçük Kareler Methodu, Ortalama Mutlak Sapma, Belirleme Katsayısı

Jel Kodu : C40

1. INTRODUCTION

Nowadays, with statistical analysis becoming more and more important, LSM method still continues to be one of the most used methods among regression parameters

estimation techniques. However, when a data set has an outlier, using LSM method by excluding these outliers from the data or including them as they are may give wrong results. In that case, using regression methods which will decrease the effect of outliers will yield more reliable results. Studies on robust estimators started when

* tolga.zaman@omu.edu.tr (Corresponding author)

† kamilal@omu.edu.tr

the Least Absolute Deviation (LAD, L1) regression technique was put forward by Roger Joseph Boscovich in 1757. However, it was not used much since it was too long and complicated to calculate (Birkes D. and Dodge, Y. 1993). Later, with the developments in computer programming, studies on robust regression started again. Tukey in 1960 and Huber in 1964 studied regression and Huber who studied theoretically between the years 1972 and 1973 was followed by Hampel with his studies between 1973 and 1978 (Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, 1993). In a simple linear model, Theil (1950) proposed the median of pairwise slopes as an estimator of the slope parameter. Later, Sen (1968) extended this estimator to handle ties. The Theil-Sen estimator (TSE) is robust with a high breakdown point 29.3%, has a bounded influence function, and possesses a high asymptotic efficiency. Thus it is very competitive to other slope estimators (e.g., the least squares estimators), see (Sen, 1968, Dietz, 1989 and Wilcox, 1998). The TSE has been acknowledged in several popular textbooks on nonparametric and robust statistics, e.g., (Sprent, 1993), (Rousseeuw and Leroy 1986).

2. PARAMETER ESTIMATION

2.1. Estimation of regression parameters with the help of Least Absolute Deviations Method (Lad, L1)

LSM method is calculated in a way that $\hat{\beta}_0$ and $\hat{\beta}_1$ estimators minimize the total of error squares (Genceli, 2001). Least Absolute Deviations Method is a method that minimizes the total of absolute errors and it is stated as follows:

$$\min \sum_{i=1}^n |y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_i)|$$

There is no mathematical expression to calculate estimators with Least Absolute Deviations Method. Thus, an algorithm has been developed to calculate L1 estimators. The basis of the algorithm aims to find the best line among all the lines that pass from a given (x_0, y_0) line.

The following steps are followed in finding out the regression line for L2 technique (Yorulmaz, 2003):

1. Generally, the first of observation pairs is chosen.
2. By using the observation pair chosen, slope values for each observation pair and the corresponding $x_i - x_0$ values are obtained.
3. The absolute values of $x_i - x_0$ values which correspond to slope values ordered from the smallest to the biggest are found.
4. The cumulative sum of the $x_i - x_0$ values found is calculated.
5. Half of the cumulative sum found in the previous step equals the critical value.

6. To find the slope value which equals the critical value, the observation value in the third step is referred to. The first observation value higher than the critical value is the point looked for. The slope value of the corresponding value is checked. This value is the value found in the third step.
7. The original order of the point which gives this slope value is calculated. This point is the new starting point for the next step.
8. When two consequent same values are found as a result of such iterations, the process is stopped.

2.2. Estimation of Regression Parameters through Weighted M-Regression Technique.

In Huber M- Regression Technique, $\rho(z)$, which is the function of error terms, is minimized. Thus, when the $\rho(z)$ function is defined for error terms in the technique proposed by Huber (1973), the following is found;

$$\rho(\varepsilon) = \begin{cases} \varepsilon^2, & -k \leq \varepsilon \leq k \\ 2k|\varepsilon| - k^2, & \varepsilon < -k \vee k < \varepsilon \end{cases}$$

(Jabr, 2005). Here, $k = 1,5 * MSM$ and calculated as

$$MSM = \frac{Med\{|\varepsilon_i - med(\varepsilon_i)|\}}{0,6745}, i = 1, 2, \dots, n$$

Here Med (.) shows the median value.

In Huber's M- Regression Technique, parameter estimations can also be calculated by using Huber weight function. The expression $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \rightarrow$ is minimized by LSM. When w_i weights are also taken into consideration, the minimum function will be as $\min \sum_{i=1}^n w_i (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2$. Some important weights are given as summarized in Table 1.

Table 1. Some weight functions for the estimation of simple liner regression model.

Name of the method	Weight function
Huber M- Weighted Regression	$w_i = \begin{cases} 1, & r \leq 1,5 \\ \frac{1,5}{ r }, & r > 1,5 \end{cases}$
Hampel Weighted Regression	$w_i = \begin{cases} 1, & 0 < r \leq 1,7 \\ \frac{1,7}{r} \operatorname{sgn}(r), & 1,7 < r \leq 3,4 \\ \frac{1,7}{r} \left[\frac{8,5 - r }{5,1} \right] \operatorname{sgn}(r), & 3,4 < r \leq 8,5 \\ 0, & 8,5 < r \end{cases}$
Andrews Weighted Regression	$w_i = \begin{cases} \frac{\sin\left(\frac{r}{1,5}\right)}{r}, & r \leq 1,5\pi \\ 0, & r > 1,5\pi \end{cases}$
Tukey Weighted Regression	$w_i = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{r}{5}\right)^2\right)^2, & r \leq 1,5 \\ 0, & r > 1,5 \end{cases}$

The r value in the functions given in Table 1 is calculated as $r = \frac{\varepsilon_i}{MSM} \cdot \operatorname{sgn}(\cdot)$ in the Hampel weighted

method is the sign function and it is expressed as

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} -1, & x < 0 \\ 0, & x = 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases} \quad \cdot \quad \operatorname{sin}(\cdot) \text{ in Andrews Weighted}$$

Regression shows the sine value.

The following steps are followed in finding out the regression line for Weighted M-Regression techniques:

1. β_0 and β_1 estimation values are found through LSM method.
2. Next, MSM and ε_i values are found by using these estimation values.
3. Weight values are calculated.
4. β_{00} and β_{10} estimation values are found through weighted LSM method.
5. The process is finished if the difference between estimations is $< 0,001$ (Ergül, B., 2006).

2.3. Estimation of Regression Parameters through Theil-Sen Method.

Theil-Sen method is also expressed as Theill-Kendall or Theil method in literature. Brown-Mood method which is recommended for finding the slope is a fast, but not very reliable method. Thus, Theil method, which is especially recommended to find the slope coefficient, is more useful. In this method, the linear regression model is expressed as follows:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Here, β_0 is the cut parameter, while β_1 is the slope parameter and these parameters are estimated. There are some assumptions to estimate these parameters of the simple linear regression. These assumptions are:

1. For each X_i value, a lower mass of Y 's and ε_i 's are mutually independent.
2. X_i 's are non-repetitive and they are in $X_1 < X_2 < \dots < X_n$ line.
3. The data set consists of n observation pairs as $(X_1, Y_1), \dots, (X_n, Y_n)$.

In line with these assumptions, all the possible $S_{ij} = \frac{(Y_j - Y_i)}{(X_j - X_i)}$ slopes ($for i < j$) are calculated to reach β_1 estimation. $N = \binom{n}{2}$ S_{ij} slopes are obtained. β_1 estimation is calculated as the median of S_{ij} values. That is, if $\beta_1 = \operatorname{Median}(S_{ij})$ and a constant term, $\beta_0 = \operatorname{Median}(Y) - \beta_1 \operatorname{Median}(X)$ (Kıroğlu, 2001). In addition, there are other methods to calculate β_0 estimation. (Wilcox, 2013), (Granato, 2006) and (Erilli and Alakus, 2014) can be seen for these methods.

2.4. Estimation of Regression Parameters through Least Median of Squares Method.

Least Median of Squares regression is a robust method used to find out outliers. It was put forward by Rousseeuw and developed by Rousseeuw and Leroy. The method has the idea of minimizing median of error squares instead of sum of error squares. The function to be minimized is given as follows:

$$\min \operatorname{median}(\varepsilon_i^2)$$

(Rousseeuw and Leroy, 1987).

This estimator is robust for outliers in the direction of both x and y . Breakdown point is 0.5 and it has the highest possible breakdown point (Rousseeuw and Leroy, 1987).

The following steps are followed in finding out the regression line for Least Median of Squares method:

1. β_0 and β_1 estimation values are calculated for all point pairs.
2. For each calculated β_0 and β_1 value, error terms with n number of observation pairs are found and the median is found by squaring these error terms.
3. β_0 and β_1 estimation values which correspond to the least median of squares value within the calculated median of squares are taken.
4. Weighted LSM technique is applied by using the weighted values in the fifth step. For the method, the weights are obtained with the following expression:

$$5. w_i = \begin{cases} 1, & \left| \frac{\varepsilon_i}{s_0} \right| \leq 2,5 \\ 0, & \left| \frac{\varepsilon_i}{s_0} \right| > 2,5 \end{cases}$$

and $s_0 = 1,4826 * \left[1 + \frac{5}{n-p} \right] * \sqrt{med(\varepsilon_i^2)}$

and the coefficient of determination is found as; $R^2 = 1 - \left(\frac{med|\varepsilon_i|}{mad(y_i)} \right)$.

Here, $mad(y_i) = med\{|y_i - medy_j|\}$ (Rousseeuw and Leroy, 1987).

3. REAL DATA EXAMPLE

In this practice, rainfall between the years 1970 and 1975 and annual sugar production yields are discussed. The response variable (Y) was taken as yield, while the independent variable was taken as rainfall (X) (Clarke and Cooke, 1992). Assumptions should be proved to be able to apply the LSM method. We can check the Q-Q graph of error terms in order to be able to check visually whether normal distribution assumption is proved.

Figure.1 Q-Q graph of the error terms found in the practice

When Figure 1 is analyzed, it can obviously be seen that although Q-Q graph is one of the test methods for goodness of fit, results can be misleading in such small size samples. In samples of such sizes, both visual and other goodness of fit test can give misleading results. For example, although the data seems to have normal distribution, using robust methods rather than LSM method will give more reliable results.

Parameter estimation results for the simple linear regression model L1 technique given with Model (1) are as summarized in Table 2.

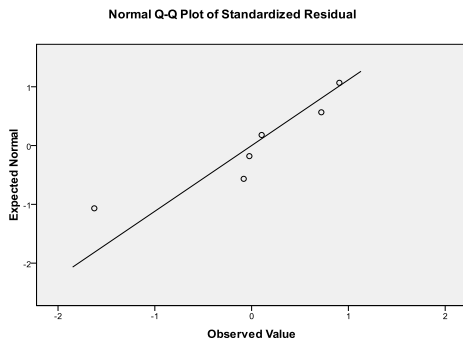


Table 2. Analysis results for L1 technique

Results of the first iteration						
y_i	x_i	m	Ordered m	$x_i - x_0$	$ x_i - x_0 $	cluster $ x_i - x_0 $
63	20	*	*	*	*	*
77	26	2,333333	-4,5	6	4	4
61	17	0,666667	0,166667	-3	6	10
73	22	5	0,666667	2	3	13
45	24	-4,5	2,333333	4	6	19
62	14	0,166667	5	-6	2	21
$(x_0, y_0) = (20, 63)$				Criticalvalue = 21/2 = 10.5		
Results of the first iteration						
63	20	0,166667	-1,7	6	10	10
77	26	1,25	-0,333333	12	3	13
61	17	-0,333333	0,166667	3	6	19
73	22	1,375	1,25	8	12	31
45	24	-1,7	1,375	10	8	39
62	14	*	*	*	*	*
$(x_0, y_0) = (14, 62)$				Criticalvalue = 39/2 = 19.5		

For the Lad Technique, iterations were continued until the same slope value was found. Finally, as a result of the 3rd and 4th iteration, the slopes were found as equal and the process stopped after 4 iteration. $\hat{\beta}_1 = \frac{(y_k - y_0)}{(x_k - x_0)} = 1,25$ and $\hat{\beta}_0 = y_0 - \hat{\beta}_1 x_0 = 44,5 \rightarrow \hat{Y}_i = 44,5 + 1,25 X_i$. In the light of

these results, coefficient of determination is found as $R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{418,8125}{623,5} = 0,671712$. In other words, according to Lad technique, rainfall accounts for 67,1% of the variance of yield.

Table 3. Huber –M weighted regression results.

Results of the first iteration									
y_i	x_i	\hat{y}_i	$y_i - \hat{y}_i$	$\varepsilon_i - med\varepsilon_i$	$ \varepsilon_i - med\varepsilon_i $	r_i	$ r_i $	w_i	
63	20	63,28643	-0,28643	-0,781407035	0,78141	-0,03917	0,03917	1	
77	26	65,84925	11,15075	10,65577889	10,65578	1,524927	1,524927	0,983654	
61	17	62,00503	-1,00503	-1,5	1,5	-0,13744	0,13744	1	
73	22	64,1407	8,859296	8,364321608	8,364322	1,211557	1,211557	1	
45	24	64,99497	-19,995	-20,48994975	20,4899	-2,73442	2,73442	0,548562	
62	14	60,72362	1,276382	0,781407035	0,781407	0,174552	0,174552	1	
med\varepsilon_i = 0.494975				med \varepsilon_i - med\varepsilon_i = 4.932161			MSM = 7.31232172		
Results of the final iteration									
63	20	65,6038779	-2,603877	-2,8827692	2,88276923	-0,4362377	0,43623777	1	
77	26	71,4475702	5,5524297	5,27353845	5,27353845	0,93022011	0,93022011	1	
61	17	62,6820317	-1,682031	-1,9609230	1,96092307	-0,2817973	0,28179730	1	
73	22	67,5517753	5,4482246	5,16933332	5,16933332	0,91276222	0,91276222	1	
45	24	69,4996727	-24,49967	-24,778564	24,7785646	-4,1045252	4,10452528	0,36545	
62	14	59,7601856	2,2398144	1,960923078	1,96092308	0,37524480	0,375244803	1	
med\varepsilon_i = 0.27889133				med \varepsilon_i - med\varepsilon_i = 4.026051282			MSM = 5.968941855		

The weight values in Table 3 were found by using the Huber-M weighted technique in Table 1. Later, the best estimation value was found as a result of technique results and first and final iteration analysis results were summarized as in Table 4.

Table 4. Huber –M weighted regression results.

Variable	First iteration			Final Iteration		
	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$
Constant	49.117	21.289	2.307	46.124	18.461	2.498
Rainfall	0.785	1.033	0.756	0.973	0.900	1.081
Correlation, r	0.355			0.476		

Variable	First iteration			Final Iteration		
	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$
Coefficient of determination, R^2	0.126			0.226		

Thus, the regression equation estimated as a result of the ninth iteration according to Huber –M weight regression technique was calculated as $\hat{Y}_i = 46.124 + 0.973X_i$ and the amount of rainfall explains 22.6% of the yield according to Huber –M weight regression method.

Table 5. Hampel –M weight regression results.

First iteration results								
y_i	x_i	\hat{y}_i	$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$	$\varepsilon_i - med\varepsilon_i$	$ \varepsilon_i - med\varepsilon_i $	r_i	$ r_i $	w_i
63	20	63,28643	-0,28643216	-0,78140703	0,78141	-0,0391711	0,03917	1
77	26	65,84925	11,15075377	10,65577889	10,65578	1,52492658	1,524927	1
61	17	62,00503	-1,00502512	-1,5	1,5	-0,1374426	0,13744	1
73	22	64,1407	8,859296485	8,364321608	8,364322	1,21155726	1,211557	1
45	24	64,99497	-19,9949749	-20,4899497	20,4899	-2,7344222	2,73442	0,621703553
62	14	60,72362	1,276381912	0,781407035	0,781407	0,17455220	0,174552	1
$med\varepsilon_i = 0.4949748877$			$med \varepsilon_i - med\varepsilon_i = 4.93216$			$MSM = 7.31232172$		
Final Iteration results								
63	20	65,67102	-2,671019	-2,9540595	2,9540595	-0,4492539	0,449253	1
77	26	71,60977	5,390235	5,1071945	5,1071945	0,90661447	0,906614	1
61	17	62,70165	-1,701646	-1,9846865	1,9846865	-0,2862095	0,286209	1
73	22	67,6506	5,349399	5,0663585	5,0663585	0,89974603	0,899746	1
45	24	69,63018	-24,630183	-24,9132235	24,9132235	-4,1426914	4,142691	0,350602071
62	14	59,73227	2,267727	1,9846865	1,9846865	0,38142198	0,381421	1
$med\varepsilon_i = 0.2830405$			$med \varepsilon_i - med\varepsilon_i = 4.010209$			$MSM = 5.945454411$		

The weight values in Table 5 were calculated by using the weight function of Hampel –M weight regression technique in Table 1 and the results of the information obtained as a result of 16 iterations were summarized in Table 6.

Table 6. Hampel–M weight regression results.

Variable	First Iteration			Final Iteration		
	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$
Fixed	50.034	22.185	2.255	45.876	18.191	2.522

Variable	First Iteration			Final Iteration		
	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$
Amount of rainfall	0.726	1.073	0.676	0.989	0.887	1.115
Correlation, r	0.320			0.487		
Coefficient of determination, R^2	0.103			0.237		

Thus, the regression equation estimated as a result of the 16 iterations for Hampel –M weight regression technique is $\hat{Y}_i = 45,875 + 0.989X_i$ and according to this technique, the amount of rainfall as a result of the final iteration explains 23,7% of the variance of yield.

Table 7. Andrews weighted regression results.

First Iteration results										
y_i	x_i	\hat{y}_i	$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$	$\varepsilon_i - med\varepsilon_i$	$ \varepsilon_i - med\varepsilon_i $	r_i	$ r_i $	$sin\left(\frac{ r_i }{1,5}\right)$	w_i	
63	20	63,28643	-0,2864321	-0,781407	0,78141	-0,039171	0,03917	0,018651	0,47616	
77	26	65,84925	11,150753	10,655778	10,65578	1,5249265	1,524927	0,664	0,43543	
61	17	62,00503	-1,0050251	-1,5	1,5	-0,137442	0,13744	0,0654009	0,47585	
73	22	64,1407	8,8592964	8,3643216	8,364322	1,2115572	1,211557	0,545455	0,450209	
45	24	64,99497	-19,994974	-20,48995	20,4899	-2,734422	2,73442	0,964119	0,352586	
62	14	60,72362	1,2763819	0,7814070	0,781407	0,1745522	0,174552	0,083024	0,47564	
$med\varepsilon_i = 0,4949748$				$med \varepsilon_i - med\varepsilon_i = 4,932161$			$MSM = 7,312321$			
Final Iteration results										
63	20	64,5258	-1,525882	-1,720983	1,720983	-0,240231	0,240231	0,1141467	0,4751525	
77	26	68,8205	8,179474	7,984373	7,984373	1,2877600	1,287760	0,5755030	0,4469023	
61	17	62,3785	-1,37856	-1,573661	1,573661	-0,217037	0,217037	0,1031674	0,4753431	
73	22	65,9574	7,04257	6,847469	6,847469	1,1087681	1,108768	0,5037936	0,4543723	
45	24	67,3889	-22,38897	-22,584079	22,58407	-3,524876	3,524876	0,9942042	0,2820536	
62	14	60,2312	1,768762	1,573661	1,573661	0,2784703	0,278470	0,1322166	0,4747961	
$med\varepsilon_i = 0,195101$				$med \varepsilon_i - med\varepsilon_i = 4,284226$			$MSM = 6,351706$			

The results of the information obtained as a result of 12 iterations were summarized in Table 8.

Table 8. Andrews weighted regression results.

Variable	First Iteration			Final Iteration		
	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$
Fixed	52.553	23.487	2.237	50.210	21.863	2.297
Amount of rainfall	0.568	1.137	0.499	0.716	1.062	0.673
Correlation, r	0.242			0.319		

Variable	First Iteration			Final Iteration		
	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$
Coefficient of determination, R^2	0.059			0.102		

The regression equation estimated as a result of the 12 iterations for Andrews weighted regression is $\hat{Y}_i = 50,210 + 0.715X_i$ and according to this technique, the amount of rainfall explains 10,2% of the variance of yield.

Table 9. Tukey weighted regression results.

First Iteration results									
y_i	x_i	\hat{y}_i	$\varepsilon_i = y_i - \hat{y}_i$	$\varepsilon_i - med\varepsilon_i$	$ \varepsilon_i - med\varepsilon_i $	r_i	$ r_i $	$1 - \left(\frac{ r_i }{5}\right)^2$	w_i
63	20	63,2864	-0,286432	-0,78140703	0,781407	-0,039171	0,039171	0,9999386	0,9998772
77	26	65,8492	11,15075	10,65577889	10,65577	1,5249266	1,524926	0,9069839	0,8226198
61	17	62,0050	-1,005025	-1,5	1,5	-0,137442	0,137442	0,9992443	0,9984893
73	22	64,1407	8,859296	8,364321608	8,364321	1,2115573	1,211557	0,9412851	0,8860177
45	24	64,9949	-19,99497	-20,4899497	20,48994	-2,734422	2,734422	0,7009173	0,4912851
62	14	60,7236	1,276381	0,781407035	0,781407	0,1745522	0,174552	0,9987812	0,9975640

$med\epsilon_i = 0,494974$				$med \epsilon_i - med\epsilon_i = 4,932160$				$MSM = 7,312321$	
Final Iteration results									
63	20	67,5179	-4,517926	-3,868626	3,868626	-0,877385	0,877385	0,9692077	0,9393637
77	26	76,0434	0,956578	1,605878	1,605878	0,1857683	0,185768	0,9986196	0,9972411
61	17	63,2551	-2,255178	-1,605878	1,605878	-0,437957	0,437957	0,9923277	0,9847143
73	22	70,3597	2,640242	3,289542	3,289542	0,5127375	0,512737	0,9894840	0,9790786
45	24	73,2015	-28,20159	-27,55229	27,55229	-5,476776	5,476776	-0,1998031	0
62	14	58,9924	3,00757	3,65687	3,65687	0,5840730	0,584073	0,9863543	0,9728948
$med\epsilon_i = -0,6493$				$med \epsilon_i - med\epsilon_i = 3,473206$				$MSM = 5,149304$	

Table 10. Tukey weighted regression results

Variable	First Iteration			Final Iteration		
	β_i	Std. Error	$t_{calculation}$	β_i	Std. Error	$t_{calculation}$
Fixed	49.802	20.609	2.416	39.099	8.163	4.789
Amount of rainfall	0.744	1.013	0.734	1.420	0.403	3.524
Correlation, r	0.345			0.898		
Coefficient of determination, R^2	0.119			0.806		

The weight values in Table 9 were calculated by using the weight function Tukey weighted regression technique in Table 1 and the results obtained as a result of the 7 iterations were summarized in Table 10. Thus, the regression model estimated as a result of the 7 iterations for Tukey weighted regression method is $\hat{Y}_i = 39.099 + 1,420X_i$ and according to this technique, the amount of rainfall explains 80,6% of the variance of yield.

Table 11. LMS regression results

y_i	x_i	β_1	β_0	First β_0 and β_1 Results			15th β_0 and β_1 Results		
				\hat{y}_i	ϵ_i	ϵ_i^2	\hat{y}_i	ϵ_i	ϵ_i^2
63	20	2,333	16,333	63	0	0	51,8	11,2	125,44
77	26	0,667	49,667	77	0	0	41,6	35,4	1253,16
61	17	5	-37	56	5	25	56,9	4,1	16,81
73	22	-4,5	153	67,667	5,333	28,44444	48,4	24,6	605,16
45	24	0,167	59,667	72,333	-27,333	747,1111	45	0	0
62	14	1,778	30,778	49	13	169	62	0	0
		1	51		$med\epsilon_i^2$	26,72222		$med\epsilon_i^2$	71,125
		16	-339						
		1,25	44,5						
		2,4	20,2						
		-2,286	99,857						
		-0,333	66,6667						
		-14	381						
		1,375	42,75						
		-1,7	85,8						

Table 12. Median results of error squares in LMS regression analysis.

$\hat{\beta}_0$ and $\hat{\beta}_1$ Values	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_0$	$med\epsilon_i^2$
1.	2,333333	16,33333	26,722222
2.	0,666667	49,66667	42,055556
3.	5	-37	212,5
4.	-4,5	153	300,625
5.	0,166667	59,66667	47,847222
6.	1,777778	30,77778	10,395062
7.	1	51	29
8.	16	-339	5162
9.	1,25	44,5	11,78125
10.	2,4	20,2	29,2
11.	-2,28571	99,85714	56,377551
12.	-0,33333	66,66667	97,888889
13.	-14	381	2522
14.	1,375	42,75	14,257813
15.	-1,7	85,8	71,125

By using the slope information of the line, it was calculated through $\hat{\beta}_1 = \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}$, $i = 0 < j$ and $\hat{\beta}_0 = y_0 - \hat{\beta}_1 x_0$ for all possible situations. $med\epsilon_i^2$ value was calculated for all possible data pairs. In the next step, $\hat{\beta}_0$ and $\hat{\beta}_1$ estimation coefficients with $minmed\epsilon_i^2$ value were calculated. In the light of this information, $\binom{6}{2} = 15$ $\hat{\beta}_0$ and $\hat{\beta}_1$ were calculated for all possible situations in Table 11. Later, the median of the error squares of these regression parameters were found as in Table 12 and estimation values which had $minmed\epsilon_i^2$ value were expressed as regression coefficients for LMS.

As a result, the regression line of LMS was obtained as $\hat{Y}_i = 30,778 + 1,778x_i$. Coefficient of determinacy was calculated as $R^2 = 1 - \left(\frac{med|\epsilon_i|}{mad(y_i)}\right)^2 = 1 - \left(\frac{3,2222}{6}\right)^2 = 0,711$ and according to this method, the amount of rainfall explains 71,1% of the variance of yield.

Table 13. Weighted LSM technique for LMS method.

y_i	x_i	\hat{y}_i	ϵ_i	ϵ_i^2	$\frac{\epsilon_i}{s_0}$	$\left \frac{\epsilon_i}{s_0}\right $	w_i
63	20	66,33338	-3,33338	11,11142	-0,30993087	0,309930879	1
77	26	77,00006	-6E-05	3,6E-09	-5,57868E-0	5,57868E-0	1
61	17	61,00004	-4E-05	1,6E-09	-3,71912E-0	3,71912E-0	1
73	22	69,88894	3,11106	9,678694	0,289260018	0,289260018	1
45	24	73,4445	-28,4445	809,0896	-2,64471163	2,64471163	0
62	14	55,6667	6,3333	40,11069	0,588857326	0,588857326	1
			$med\epsilon_i^2$	10,39506			
			$\sqrt{med\epsilon_i^2}$	3,224137			
			$1 + \frac{s}{n-p}$	2,25			
			s_0	10,75524			

Table 14. Weighted LSM technique for LMS method.

Variable	$\hat{\beta}_i$	Std. Error	$t_{calculation}$
Fixed	39.134	8.258	4.739
Amount of rainfall	1.417	0.408	3.473
Correlation, r	0.895		
Coefficient of determination, R^2	0.801		

Regression coefficients in weighted LSM technique for LMS method were calculated by using regression coefficients obtained by LMS technique and according to this method, the amount of rainfall explains 80,1% of the variance of yield.

When Table 11 is examined for Theil method, the median of all possible slopes were taken to reach $\hat{\beta}_1$ estimation and

it was calculated as 1. It is calculated as $\hat{\beta}_0 = Median(Y) - \hat{\beta}_1 Median(X) = 62.5 - 1 * 21 = 41.5$

4. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In this study, regression line, standard error, coefficients of determination and average absolute deviations were calculated and interpreted for regression models and parameter estimations of techniques used on real life data by using simple linear robust regression techniques. According to the results, the method which gave the best result in terms of the percentage of independent variable explaining the dependent variable was Tukey-weighted regression method. Although weighted least median of squares method was close to Tukey-weighted regression method, its R^2 was found to be a bit lower. The percentage of explanations obtained by non-weighted least median of squares method was calculated as $R^2 = 0,712$. However,

when the methods analyzed were taken into consideration, it was seen that Tukey, least median of squares and Lad methods gave significantly better results than the other regression models analyzed. In the light of this information, it is seen that Tukey, least median of squares and Lad methods gave more reliable results than LSM method. In addition, when average absolute deviation values ($OMS = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}$) were taken into consideration for the methods, it can be said that the techniques which have high coefficients of determination have lower average absolute deviations.

The summary of the information about the methods used are as follows:

Table 15. Summary Information

Method	Estimation Equation	Average Absolute Deviation
LSE	$\hat{Y}_i = 54.744 + 0.427X_i$	7.095
LAD & L1	$\hat{Y}_i = 44.500 + 1.250X_i$	6.958
Huber M Weighted Reg.	$\hat{Y}_i = 54.124 + 0.974X_i$	7.004
Hampel-M Weighted Reg.	$\hat{Y}_i = 45.875 + 0.989X_i$	7.001

References

- Birkes, D. and Dodge, Y. (1993), *Alternative Methods of Regression*. NY: Wiley.
- Clarke, G. M. and Cooke, D., (1992). *A Basic Course in Statistics*. 3rd Edition. P. 354-356, Exercises on Chapter 20, Exercis No: 9.
- Dietz, E. J. (1989), *Teaching Regression in a Nonparametric Statistics Course*. *The American Statistician*. 43, 35-40.
- Ergül, B. (2006), *Robust Regresyon ve Uygulamaları*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Granato, G. E. (2006), *Kendall-Theil Robust Line (KTRLine-version 1.0) – A Visual Basic Program for Calculating and Graphing Robust Nonparametric Estimates of Linear-Regression Coefficients Between Two Continous Variables*. Chapter 7, Section A, *Statistical Anlysis, Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation*. U. S. Geological Survey Techniques and Methods 4-A7.
- Genceli, M. (2001), *Ekonomide İstatistik İlkeler*, İstanbul, Filiz Kitabevi.
- Huber, P. J. (1964), *Robust Estimation of a Location Parameter*. *Ann. Math. Statist.*, 35, 73-101.
- Jabr, R. (2005), *Power System Huber-M Estimation with Equilaty and Inequality Constraints*, *Electric Power System Research*, 74, 239-246.
- Kıroğlu, G. (2001), *Uygulamalı Parametrik Olmayan İstatistiksel Yöntemler*. Mimar Sinan Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, İstanbul.
- Erilli, N. A. and K., Alakus. (2014), *Non-Parametric Regression Estimation for Data With Equal Values*. *European Scientific Journal*. February. Edition Vol. 10, No.4 ISSN:1857-7881 (Print) e-ISSN 1857-7434.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtheim, C. J., Wasserman, W. (1993), *Applied Linear Statistical Methods*, Wiley.
- Rousseuw, P. J. and Leroy, A. M. (1987), *Robust Regression and Outlier Detection*. New York: John Wiley& Sons, Inc.

Method	Estimation Equation	Average Absolute Deviation
Andrews Weighted Reg.	$\hat{Y}_i = 50.210 + 0.716X_i$	7.047
Tukey Weighted Reg.	$\hat{Y}_i = 39.099 + 1.420X_i$	6.929
LMS	$\hat{Y}_i = 30,777 + 1,778X_i$	6.870
Weighted LMS	$\hat{Y}_i = 39,134 + 1,417X_i$	6.930
Theil Reg.	$\hat{Y}_i = 41,500 + 1.000X_i$	8.330

The results obtained and our interpretations are valid for the data set we used. No generalizations can be made. Robust regression methods for simple linear regression were analyzed in this study. Similarly, studies can be made on robust methods for multiple linear regression. In future studies, it can be recommended to be used together with the robust methods we discussed with jackknife method.

- Wilcox, R. R.. (2013), *A Heteroscedastic Method for Comparing Regression Lines at Specified Design Points When Using a Robust Regression Estimator*. *Journal of Data Science* 11,281-291.
- Sen, P. K. (1968), *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau.*, *J.Amer. Statist. Assoc.*, 63, 1379-1389.
- Sprent, R. (1993), *Applied nonparametric statistical methods*. 2 nd Ed. CRC Press, NY.
- Theil, H. (1950), *A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis*, I. *Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.* A53, 386-392.
- Yorulmaz, Ö. (2003), *Robust Regresyon ve Mathematica Uygulamaları*. Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Wilcox, R. (1998), *Simulations on the Theil-Sen regression estimator with right-censored data*. *Stat.& Prob. Letters* 39, 43-47.



2015.03.02.OR.04

A NEW APPROACH TO FINE KINNEY METHOD AND AN IMPLEMENTATION STUDY

Murat OTURAKÇI *

Cansu DAĞSUYU †

Ali KOKANGÜL ‡

Research Assistant, Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Adana Science and Technology University, Adana

Research Assistant, Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering and Architecture, Çukurova University, Adana

Prof. Dr., Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering and Architecture, Çukurova University, Adana

Received: 16 September 2015

Accepted: 17 December 2015

Abstract

In the present day, importance of risk assessments are increasing due to rising awareness of occupational health and safety and excessing legal enforcements. Legal regulations in last years, force all the companies to complete their risk assessments according to their danger class in certain time periods. Technological changes in companies and new legislations are also forcing companies to do their risk assessments before its due time. This ensures risk analyses to be done in more frequent periods and increases importance of being applicable and suitable for the company's structure of chosen risk assessment method. In this study, a new approach has been studied for Fine-Kinney method which is one of the mix risk assessment methods and which is used frequently in construction and cement industries. In this new approach, alternative scales have been created for probability and frequency scales which are used in conventional method. More probable and more frequent risk scores have been augmented to increase their sensitiveness and degree of importance. The new approach has been applied to a mid-scale company and positive or negative effects of scales, which are created with different interpolation results, have been examined. It has been observed that risk scores, which are obtained with the new approach, are more sensitive than conventional Fine-Kinney Methods' risk scores. By this way, action plan of jobs has been changed and risks which are more important have been taken into consideration of company.

Keywords: Fine-Kinney Method, Risk Analysis, Risk Assessment Methods

Jel Code: G32, C02, Z00

FİNE KİNNEY METODUNDA YENİ BİR YAKLAŞIM VE BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI

Özet

Günümüzde iş sağlığı ve güvenliği bilincinin artması ve yasal yaptırımların ciddi boyutlara ulaşması risk değerlendirmelerine verilen önemi daha da arttırmaktadır. Son yıllarda yapılan yasal düzenlemeler tüm kurumların risk değerlendirmelerini tehlike sınıflarına göre belirli zaman periyodlarında yapmalarını zorunlu kılmaktadır. Bir başka yasal düzenlemede de işletmelerdeki teknolojik değişimler ve yeni mevzuatların yayımlanması gibi sebeplerle yapılmış olan risk analizinin zaman periyodunun tamamlanmasını beklemeden yenilenmesi zorunlu hale getirilmiştir. Bu da risk analizlerinin çok daha sık periyodlarda yapılmasını ve dolayısıyla seçilecek risk değerlendirme yönteminin işletmenin yapısına uygun ve kolay uygulanabilir olmasının önemini artırmaktadır. Bu çalışmada karma risk değerlendirme metotları arasında yer alan, inşaat ve çimento sanayide sıklıkla kullanılan Fine-Kinney metoduna yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda klasik metottaki ihtimal ve frekans skalalarına alternatif skalalar oluşturulmuştur. Daha yüksek ihtimale ve daha sık frekansa sahip tehlikelerin skaladaki puanları yükseltilerek hassasiyet ve önem dereceleri daha da arttırılmıştır. Geliştirilen yaklaşım orta ölçekli bir

* moturakci@adanabtu.edu.tr (Corresponding author)

† cdagsuyu@cu.edu.tr

‡ kokangul@cu.edu.tr

işletmede uygulanmış ve farklı interpolasyon metotlarıyla oluşturulmuş skalaların yaratmış olduğu olumlu ve olumsuz etkiler incelenmiştir. Geliştirilen yaklaşım ile elde edilen risk puanlarının, klasik Fine-Kinney metodunun risk puanlarına göre daha hassas olarak ölçüm yaptığı gözlemlenmiştir. Böylece aksiyon planı alınacak işlerin öncelik sıralaması değişerek, daha yüksek öneme sahip risklerin farkındalığı artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Fine-Kinney Metodu, Risk Analizi, Risk Değerlendirme Metodları
Jel Kodu : G32, C02, Z00

1. INTRODUCTION

Occupational accidents have become one of the leading causes constituting majority of efficiency losses today. Occupational accidents and diseases in businesses have necessitated taking legal precautions. Following the legal interventions that have gone into effect in the recent years, risk assessment implications are required in all businesses and awareness of all individuals working in occupational safety and health, and risk analysis have attempted to be raised in Turkey. Especially, the law No. 6331: Occupational Safety and Health was gone into effect following its appearance in the Official Gazette on June 30 in 2012. The new law includes more detailed regulations compared to the law No. 4857: Labor Act and brings new and many obligations for employers and specialists (Akınar and Çakmakaya, 2014; Turkish Republic Law No. 4857).

With the Law No. 6331: Occupational Safety and Health, risk assessment applications are required in all businesses (Korkut and Tetik, 2013; Turkish Republic Law No. 6331). Risk assessment periods are described according to businesses' danger classes and on certain occasions (technological upgrades, new regulations, occupational accidents and diseases, near miss incidents and etc.) a reassessment is required before the due date. This law that went into effect in order to minimize occupational accidents and diseases has caused the conflict of which risk assessment method to be implemented.

Before implementing one of the risk assessment methods, a business is required to know the following definitions;

Acceptable risk level: The risk level that is sufficient according to legal obligations and prevention policy of the business and does not cause harm to employees, the business or work equipment (OHSRAR, 2012).

Prevention: all of the precautions that are planned and taken in order to remove or minimize risks regarding occupational health and safety on every phase of ongoing work in the business (OHSRAR, 2012).

Near miss incident: The incident that happens in the business and has the potential to cause harm to employees, the business or work equipment but does not (OHSRAR, 2012).

Risk: The possibility of loss, injury or any other harmful result caused by a hazard (OHSRAR, 2012).

Risk assessment: Describing the hazards that exist in the business or might come from outside, grading and analyzing the risks which are caused by hazards and the factors that cause the hazards to turn into risks (OHSRAR, 2012).

Hazard: The potential that exists in the business or might come from outside, affects, harms employees or cause harm to business (OHSRAR, 2012).

Implementation of risk assessment methods differs from sector to sector and certain techniques can be employed for all sectors while other techniques are only applicable in some sectors (Mullai, 2006). Using the right risk assessment technique in the right place is sometimes as important as results of assessment (Brown, 1993). The technique to be used depends on the purpose of risk assessment, legal requirements, the needed result/information, data, time availability, requirement of team work, the volume of the work, complexity and type (Mullai, 2006).

The purpose of risk assessment is to diagnose preparations, procedures and checks which will be able to respond to hazards in business, and to minimize the effects of intentional or unintentional threats (Özkılıç, 2005). In line with this purpose, many techniques are available in literature; Risk Map, Initial Threat Analysis, Job Safety Analysis, What-if Analysis, Primary Risk Assessment using Checklist Analysis, Primary Risk Analysis, Risk Assessment Decision Matrix Methodology (L Type Matrix, X Type Matrix), Hazard and Operable Work Methodology, Fault Tree Analysis Methodology, Fine-Kinney Method, Failure Mode and Effects Analysis, Event Tree Analysis, Reason-Result Analysis are some of the common methods employed by businesses (Özkılıç, 2005).

Among the aforementioned methods, Fine-Kinney Method is commonly employed by businesses and various studies have been carried out using the method. Bâbuç et al. (2011) studied implementation steps and calculating tables. They indicated the points that were neglected in Kinney method and the possible threats that might be encountered in the implementation of the method. Besides, an assessment of the method was made and advantages and limitations of the method were stated (Bâbuç et al., 2011). Özgür (2013) implemented Fine-Kinney risk assessment on steel plant and rolling plant sections of an

iron and steel business. Within the context of steel plant and rolling plant sections of the studied business, mechanical maintenance and repair, electrical maintenance and quality control processes were analyzed along with main production process. In the study, 376 risks were analyzed and assessed (Özgür, 2013).

In the literature, risk assessment studies using Fine-Kinney method is numbered. The literature review in this study includes implications of Fine-Kinney method and presents advantages and disadvantages of it. For this reason, in this study Fine-Kinney method is analyzed in detail. The method is dealt with a critical approach and departing from the basis of this method, a new Fine-Kinney method with an increased sensitivity level is attempted to be introduced. The developed approach was implemented in a medium scaled business, and positive and negative effects created by scales out of different interpolation methods were analyzed.

2. FINE-KINNEY METHOD

Developed by G.F. Kinney and A.D Wiruth in 1976, Fine-Kinney method is an easy-to-use and common method employed to mathematically assess accident control. This method is commonly used in construction and cement industries and in the literature it is stated that it is also one of simple methods applicable to small and middle scaled businesses. In this method, which frequently uses statistical analysis of previous data, individuals to conduct analysis are required to be familiar with related theorems otherwise, the method cannot be used effectively and it might cause time loss.

In Fine-Kinney risk analysis assessment method, probability, frequency and severity parameters and scale tables of each parameter are included. In developing these scale tables, reference points were determined in scoring and according to the reference points, other scores were determined based on experience. Probability, frequency and severity parameter scales recommended for use in Fine-Kinney method were provided in Table 1, Table 2 and Table 3 respectively.

Table 1. Probability Scale of Fine-Kinney Method (Kinney and Wiruth, 1976)

Probability	Value
*Might well be expected	10
Quite possible	6
Unusual but possible	3
*Only remotely possible	1
Conceivable but very unlikely	0.5
Practically impossible	0.2
*Virtually impossible	0.1

In their study in 1976, Kinney and Wiruth determined 'Might Well be Expected' with a scale-of-ten and identified it as an incident which has occurred before, has

a possibility of occurring again and will occur in future. They exemplified it with deflagration of flammable materials in drying oven and designated 10 to this value. Another reference point 'Only Remotely Possible' is exemplified with explosion or leakage of compressed gas in container and appointed 1 to the situation. At the bottom of the probability scale, 'Virtually Impossible' is designated as 0.1. The intermediate values are designated based on experience.

Table 2. Frequency Scale of Fine-Kinney Method (Kinney and Wiruth, 1976)

Frequency	Value
*Continuous	10
Frequent (daily)	6
Occasional (weekly)	3
Unusual (monthly)	2
*Rare (a few per year)	1
Very rare (yearly)	0.5

In the same study, Kinney and Wiruth also prepared a scale table for frequency values. On this table, two reference points were determined. Reference values on frequency table are between 1 and 10 as in Probability Scale. Risks on frequency table are classified based on incidence frequency by hour, daily and annually. As seen in Table 2, if the frequency of the incident is by hour, then it is accepted as 'continuous' and frequency value used on occurrence of risk value is determined as '10', the lowest value as '1' and medium value as '3'.

Table 3. Severity Scale of Fine-Kinney Method (Kinney and Wiruth, 1976)

Severity	Value
*Catastrophe (many fatalities, or >\$10 ⁷ damage)	10
Disaster (few fatalities, or >\$10 ⁶ damage)	6
Very serious (fatality, or >\$10 ⁵ damage)	3
Serious (serious injury, or >\$10 ⁴ damage)	2
Important (disability, or >\$10 ³ damage)	1
*Noticeable (minor first aid accident, or >\$ 100 damage)	0.5

On the scale table prepared for severity, which is the third factor in risk score calculation, is formulized considering cost at the end of risk and damage volume. Severity scale table obtained at the end of the calculation is provided in Table 3. Here is also seen the reference values of severity scale. The score is determined considering cost or death ratio caused by severity on the scale. The risk assessment is conducted and a certain severity score is calculated if a hazard is expected to cause cost, and another severity score is calculated if a certain hazard is expected to cause occupational health and safety loss. As the severity of risk is more important on total risk score, values of 1 to 100 are used on risk scale. In their study, Kinney and Wiruth accepted 1 to 100 as their

reference point and intermediate values are calculated with the formula: Severity Value = $(\text{loss}/100)^{0,4}$.

Table 4. Risk Scale of Fine-Kinney Method
(Kinney and Wiruth, 1976)

Probability	Value
R<20	Risk; perhaps acceptable
20<R<70	Possible risk; attention indicated
70<R<200	Substantial risk; correction needed
200<R<400	High risk; immediate correction required
R>400	Very high risk; consider discontinuing operation

Depending on the determined risk, probability, frequency and severity values are obtained from the table and these three factors are multiplied, and the risk score is calculated. The obtained risk scores are classified according to Table 4 and risk avoidance activities are planned according to risk priority order of each hazard.

In this phase of the study, two methods which will increase the sensitivity of probability and frequency scales developed with Fine-Kinney Method were undertaken. It was observed that on the tables of probability and frequency in Fine-Kinney method, the scores of hazards which involve higher probability and frequency were not determined sensitively enough compared to hazards with lower probability and frequency. In other words, when the probability table is considered, ‘Might Well be Expected’ is accepted as 10, ‘Unusual but Possible’ as 6 and ‘Quite Possible’ as 3 based on experience. The facts that there is no mathematical relationship between values, intermediate values in the scale-of-ten are determined with experience cause the sensitivity to be broken anywhere risk assessment is implemented and priority order of hazards to be changed.

3. FINE-KINNEY METHOD DEVELOPED WITH THE NEW APPROACH

In this study, two different interpolation types were undertaken in gravimeters of values in probability and frequency tables. In one of the implemented interpolations, increases were seen to follow a linear fashion and in another a square fashion, and Fine-Kinney method reference points were considered again and interpolations were implemented regarding these points. Probability and frequency values obtained from the implementation of linear interpolation are presented in Table 5 and Table 6 respectively.

Table 5. Probability Scale of Fine-Kinney with Linear Fashion

Probability	Value
*Might well be expected	10
Quite possible	7
Unusual but possible	4
*Only remotely possible	1
Conceivable but very unlikely	0,66
Practically impossible	0,33
*Virtually impossible	0,1

Table 6. Frequency Scale of Fine-Kinney with Linear Fashion

Frequency	Value
*Continuous	10
Frequent (daily)	7,75
Occasional (weekly)	5,5
Unusual (monthly)	3,25
*Rare (a few per year)	1
Very rare (yearly)	0,5

Probability and frequency values obtained from the implementation of square interpolation are presented in Table 7 and Table 8 respectively.

Table 7. Probability Scale of Fine-Kinney with Square Fashion

Probability	Value
*Might well be expected	10
Quite possible	8,2
Unusual but possible	5,2
*Only remotely possible	1
Conceivable but very unlikely	0,61
Practically impossible	0,45
*Virtually impossible	0,1

Table 8. Frequency Scale of Fine-Kinney with Square Fashion

Frequency	Value
*Continuous	10
Frequent (daily)	8,8
Occasional (weekly)	7
Unusual (monthly)	4,4
*Rare (a few per year)	1
Very rare (yearly)	0,54

Comparison of Fine-Kinney linear and square interpolation probability and frequency values are presented in Table 9 and Table 10 respectively. (a: Fine-Kinney; b: Linear Interpolation; c: Square Interpolation)

Table 9. Comparison of Probability Values

Probability	FK ^a	LI ^b	SI ^c
*Might well be expected	10	10	10
Quite possible	6	7	8,2
Unusual but possible	3	4	5,2
*Only remotely possible	1	1	1
Conceivable but very unlikely	0,5	0,66	0,61
Practically impossible	0,2	0,33	0,45
*Virtually impossible	0,1	0,1	0,1

Table 10. Comparison of Frequency Values

Probability	FK ^a	LI ^b	SI ^c
*Continuous	10	10	10
Frequent (daily)	6	7,75	8,8
Occasional (weekly)	3	5,5	7
Unusual (monthly)	2	3,25	4,4
*Rare (a few per year)	1	1	1
Very rare (yearly)	0,5	0,5	0,54

Taking into account the comparative values in Table 9 and Table 10, linear interpolation method obtains higher values than classic Fine-Kinney method in high probability and high frequency values, as in square interpolation method compared to linear interpolation method. This situation will affect the risk priority order of hazards by affecting scores gathered from risk analysis.

4. IMPLEMENTATION STUDY

In this part of the study, a risk assessment study was implemented for maintenance workshop of a middle scaled company. Company has been mainly focused on production and distribution of solar panels since 2005. They have been conducting risk assessments on all of their workshops periodically with their experienced occupational health and safety specialist, who had provided all data for an implementation part of this study. Risk scores gathered from risk assessment were at first calculated with classic Fine-Kinney method. Later risk scores were recalculated according to scales of Fine-Kinney method based on linear and square interpolation improved by a new approach and each of the three methods were compared for each hazard.

On Appendix A, according to Classic Fine-Kinney method, probability, severity and frequency values were given and risk points were calculated. On Appendix B, risks were numbered and regarding Fine-Kinney risk scale as basis from Table 4. Calculated risk values were ordered decreasingly and risk states were determined. Risks with

equal scores were given the same priority and in this way, risk prioritization table was created.

As seen in Appendix B, use of hand tools and not using personal protective equipment named as hazard no. 4 and hazards resulting from the lack of warning signals named as hazard no. 10 have the highest two scores. In the business, it was stated that the biggest number of occupational accidents had occurred due to these hazards and it was concluded that immediate precautions were needed in the action plan. According to classic Fine-Kinney method, the third rank is occupied by two hazards (No. 1 and 5) on the prioritization table. It is also seen from the risk situation column of this table that fourth and fifth hazards on the prioritization table (hazard No. 2; hazard No. 8 and 9) require equal amount of precaution. Comparatively, risk points of hazards No. 6 and 7 are low and they are considered to be possible risk and hazard No.3 is regarded as acceptable risk.

As seen on Appendix B, two hazards (No. 1 and 5) were concluded to be “High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan”. Among hazards with equal priority order, a complexity (hazards No. 1, 5 or 8, 9) occurred as to which hazard would be given priority. For example, as the risk scores of the hazard out of working with the rotating parts and lack of lightening are the same, the decision of which one to have higher priority is reserved to the business. Therefore, it can be concluded that even in a small scaled implementation, classic Fine-Kinney method is seen to cause complexity and inefficiency. Departing from the assumption that complexity and inefficiency in classic Fine-Kinney method result from gaps in scale, the gaps in probability, severity, frequency scales were arranged again and the implementation of the study was conducted with this new approach.

On Appendix C, risk assessment results based on linear interpolations and square interpolations taking Tables 5, 6, 7 and 8 as reference were compared to the ones on Appendix A that were gathered from classic Fine-Kinney Method.

Following the reassessment of the implementation in the business, probability and frequency values were calculated with Linear and Square interpolation methods and the change in risk scores were comparatively presented in Table XIII. The hazards in maintenance workshop were reconsidered, new probability and frequency values were given on new tables and new risk scores were calculated.

When the risk scores from Classic Fine-Kinney method and methods based on Linear and Square interpolation are compared, a considerable conclusion is gathered. In the maintenance workshop of the business in question, there are 10 risk scores gathered from certain hazards. Once risk scores were calculated with Classic Fine-Kinney method,

actions to be taken were indicated on Appendix B. However, at the end of the two developed approaches, changes occurred due to the change in risk scores. These changes are presented on Appendix D.

According to data from Appendix D, risks from certain hazards are shown to be taken into more consideration on action plans. When all the changes on the table are analyzed in detail,

Priority of the hazard No. 1 “breakdown of electric wiring” in the action plan is on the third rank as in the classic method. However, the action to be taken was upgraded to “Very High Risk” from “High Risk” in both of the new approaches. In other words, in linear and square interpolation based Fine-Kinney methods, the sensitivity of the risk from the hazard No. 1 had its importance increased.

- Risk score No. 2 “fire hazard” is the fourth in the priority list considering the classic method. The importance of the same risk was decreased on linear interpolation based method and is on the sixth rank. Despite this, the action to be taken is observed to be unchanged. However, when the same risk is analyzed in square interpolation based method, the risk group was upgraded to “High Risk” from “Substantial” and was concluded to be added to short term action plan.
- The actions to be taken considering the hazard No. 3 “hangar door” in classic and linear interpolation based method are unchanged however, in square interpolation based method; the score of this risk was upgraded to “Possible Risk” group and was concluded to be added to the action plan.
- Risk score from hazard No. 4 “Use of Hand Tools and Not Using Personal Protective Equipment” does not exhibit change in terms of priority order among the three methods. It is the first in the priority list considering all three methods. However, its sensitivity was increased.
- Priority order of hazard No. 5 “Using cutting and penetrative tools” does not require change in actions to be taken. But its sensitivity was increased.
- The actions to be taken considering the hazard No. 6 “smoking” in classic and linear interpolation based method are unchanged however, the priority orders were observed to be changed. In Square interpolation based method, the score of this risk was upgraded to “Substantial Risk” was concluded to be monitored closely in the action plan.
- Priority order of hazard No. 7 “Stowing” in the action plan is on the seventh rank in classic method. However priority of same risk was decreased on both linear and square interpolation methods and is on the ninth rank. But it does not exhibit change in terms of action plan among the three methods.

- Priority order of hazard No. 8 “working with rotating parts” in classic and linear methods are the same, however, this risk is placed in “Substantial Risk” in classic method while in linear and square interpolation based methods, it is placed in “High Risk” group. It was also concluded that immediate correction is required; in that way sensitivity of this risk was increased.
- Priority order of hazard No. 9 of “lack of lightening” regressed to two ranks lower in the classic method however; actions to be taken in classic and linear interpolation based methods were not changed. The score of these risks in square interpolation based method increased to “High Risk” group and were concluded to be added to short term action plan.
- Priority order of hazard No. 10 “Lack of warning signals” in the action plan is on the second rank in both linear and square interpolation methods as in classic method. Also it does not exhibit change in terms of priority order among the three methods.

5. CONCLUSION

Although they involve differences in terms of implementation among sectors, risk assessment methods have an increasing importance today. As expertise regarding which assessment method to be used in which situations is required and the importance of risk assessment methods increase day by day, new businesses and jobs are being created in this field. Especially, following the occupational health and safety law No. 6331, all businesses are required to have a risk assessment implemented and thus, they are striving to accelerate their research regarding the issue and obtain more reliable and valid conclusions by implementing the right methods.

In this study, departing from Classic Fine-Kinney method, a new approach was brought to risk scoring. The classic method and the new approximation were implemented in maintenance workshop of a medium scaled business and conclusions were compared. Primarily in this study, alternative scales were created for scales of probability and frequency of the classic method. Scores of risks with higher probability and frequency were upgraded and priority degrees were increased. In this way, awareness of hazards was raised. Also, with the implementation of the study, the conclusions of the classic Fine-Kinney method were seen to involve complexity in terms of prioritization and this problem was eliminated with the new approach. The fact that there are more than one hazard with the same risk point in classic Fine-Kinney method poses a problem for businesses as to determining prioritization among these hazards. For example, in classic Fine-Kinney method, there are two hazards with 240 points and also there are two hazards with 120 points and it is not known which hazard needs to be prioritized compared to others. However, in the methods formulized

with the new approach, scores of these hazards have been changed and their priorities were separated.

Conclusions of the implementation indicate that the classic

method is insufficient on certain points and the new approximations bring sensitivity to risk scores.

References

- [1]. Akpınar, T., Çakmakkaya, B. Y. Risk Assessment Obligations of Employers in Occupational Health and Safety, *Work and Society*, 2014; 40(1). (in Turkish)
- [2]. Laws, Turkish Republic Law No. 4857: Labor Act. Ankara: Official Gazette (No: 25134)
- [3]. Korkut, G., Tetik, A. Key Issues And Innovations Of The Occupational Health And Safety Law Of 6331. *Süleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 2013;18(3).
- [4]. Laws, Turkish Republic Law No. 6331: Occupational Safety and Health. Ankara: Official Gazette (No: 28339). (in Turkish)
- [5]. Occupational Health and Safety Risk Assessment Regulation (OHSRAR), 2012, Clause. 4-1/b
- [6]. Occupational Health and Safety Risk Assessment Regulation (OHSRAR), 2012, Clause. 4-1/ç
- [7]. Occupational Health and Safety Risk Assessment Regulation (OHSRAR), 2012, Clause. 4-1/d
- [8]. Occupational Health and Safety Risk Assessment Regulation (OHSRAR), 2012, Clause. 4-1/E
- [9]. Occupational Health and Safety Risk Assessment Regulation (OHSRAR), 2012, Clause. 4-1/f
- [10]. Occupational Health and Safety Risk Assessment Regulation (OHSRAR), Clause. 4-1/g
- [11]. Mullai, A. Risk Management System-Risk Assessment Frameworks and Techniques. DaGoB (Safe and Reliable Transport Chains of Dangerous Goods in the Baltic Sea Region) Project Office, Turku School of Economics, Turku, Finland. 2006.
- [12]. Brown, J. D. Preventing Accidental Releases of Hazardous Substances. *Professional Safety*, 1993; 38, 23-23.
- [13]. Özkılıç, Ö. Occupational Health and Safety Management Systems and Risk Assessment Methodologies. Turk-is publication, 2005. (in Turkish)
- [14]. Băbuț G., Moraru R., Cioca L. Kinney-Type Methods: Useful or Harmful Tools in the risk assessment and management process?. *International Conference on Manufacturing Science and Education-SIBIU-Romania*, 2011
- [15]. Ozgur M. Risk Assessment Implementation in Metal Sector. Republic of Turkey Ministry of Labour and Social Security Labour Inspection Board, Labour Inspector Research Study, 2013. (in Turkish)
- [16]. Kinney, G. F., Wiruth, A. D. Practical Risk Analysis For Safety Management (No. NWC-TP-5865). Naval Weapons Center China Lake CA., 1976.

APPENDIX A. Risk Evaluation Table According to the Classic Fine-Kinney Method

Order	Hazard	Risk	Probability	Frequency	Severity	Risk Score
1	Breakdown Of Electric Wiring	Financial Damage – Injury - Death	3	2	40	240
2	Fire Hazard	Financial Damage – Injury - Death	3	0,5	100	150
3	Hangar Door	Financial Damage – Injury - Death	1	0,5	40	20
4	Use of Hand Tools and Not Using Personal Protective Equipment	Financial Damage – Injury - Death		3	40	720
5	Using cutting and penetrative tools	Financial Damage – Injury - Death	6	1	40	240
6	Smoking	Sickness – Psychological Effects - Fire	3	1	15	45
7	Stowing	Financial Damage – Injury - Death	1	1	40	40
8	Working with Rotating Parts	Financial Damage – Injury - Death	1	3	40	120
9	Lack of Lightening	Financial Damage – Injury - Death	3	1	40	120
10	Lack of Warning Signals	Financial Damage – Injury - Death	6	2	40	480

APPENDIX B. Risk Prioritization Table According to the Classic Fine-Kinney Method

Hazard No.	Risk Score	Priority No.	Interval of Risk Value	Risk Situation
4	720	1	R>400	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed
10	480	2	R>400	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed
1	240	3	200<R<400	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan
5	240	3	200<R<400	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan
2	150	4	70<R<200	Substantial Risk; Correction Needed, Should Be Monitored Closely In Action Plan
8	120	5	70<R<200	Substantial Risk; Correction Needed, Should Be Monitored Closely In Action Plan
9	120	5	70<R<200	Substantial Risk; Correction Needed, Should Be Monitored Closely In Action Plan
6	45	6	20<R<70	Possible Risk; Attention Indicated, Need To Be Added In Action Plan
7	40	7	20<R<70	Possible Risk; Attention Indicated, Need To Be Added In Action Plan
3	20	8	R<20	Risk; Perhaps Acceptable, No Immediate Action

APPENDIX C. Comparison of Risk Assessment Methods

Order	Hazard	Classic Fine-Kinney Method				Fine-Kinney Method Based on Linear Interpolation				Fine-Kinney Method Based on Square Interpolation			
		Probability	Frequency	Severity	Risk Score	Probability	Frequency	Severity	Risk Score	Probability	Frequency	Severity	Risk Score
1	Breakdown Of Electric Wiring	3	2	40	240	4	3,25	40	520	5,2	4,4	40	915,2
2	Fire Hazard	3	0,5	100	150	4	0,5	100	200	5,2	0,54	100	280,8
3	Hangar Door	1	0,5	40	20	1	0,5	40	20	1	0,54	40	21,6
4	Use of Hand Tools and Not Using Personal Protective Equipment	6	3	40	720	7	5,5	40	1540	8,2	7	40	2296
5	Using cutting and penetrative tools	6	1	40	240	7	1	40	280	8,2	1	40	328
6	Smoking	3	1	15	45	4	1	15	60	5,2	1	15	78
7	Stowing	1	1	40	40	1	1	40	40	1	1	40	40
8	Working with Rotating Parts	1	3	40	120	1	5,5	40	220	1	7	40	280
9	Lack of Lightening	3	1	40	120	4	1	40	160	5,2	1	40	208
10	Lack of Warning Signals	6	2	40	480	7	3,25	40	910	8,2	4,4	40	1443,2

APPENDIX D. Comparison Table of Action Plan

Order	Hazard	Classic Fine-Kinney Method		Fine-Kinney Method Based on Linear Interpolation		Fine-Kinney Method Based on Square Interpolation	
		Score/P.N	Action Plan	Score/P.N	Action Plan	Score/P.N	Action Plan
1	Breakdown Of Electric Wiring	240 / 3	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan	520 / 3	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed	915, 2 / 3	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed
2	Fire Hazard	150 / 4	Substantial Risk; Correction Needed, Should Be Monitored Closely In Action Plan	200 / 6	Substantial Risk; Correction Needed, Should Be Monitored Closely In Action Plan	280, 8 / 5	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan
3	Hangar Door	20 / 8	Risk; Perhaps Acceptable, No Immediate Action	20 / 10	Risk; Perhaps Acceptable, No Immediate Action	21,6 / 10	Possible Risk; Attention Indicated, Need To Be Added In Action Plan
4	Use of Hand Tools and Not Using Personal Protective Equipment	720 / 1	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed	154 0/1	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed	229 6 / 1	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed
5	Using cutting and penetrative tools	240 / 3	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan	280 / 4	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan	328 / 4	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan
6	Smoking	45 / 6	Possible Risk; Attention Indicated, Need To Be Added In Action Plan	60 / 8	Possible Risk; Attention Indicated, Need To Be Added In Action Plan	78 / 8	Substantial Risk; Correction Needed, Should Be Monitored Closely In Action Plan
7	Stowing	40 / 7	Possible Risk; Attention Indicated, Need To Be Added In Action Plan	40 / 9	Possible Risk; Attention Indicated, Need To Be Added In Action Plan	40 / 9	Possible Risk; Attention Indicated, Need To Be Added In Action Plan
8	Working with Rotating Parts	120 / 5	Substantial Risk; Correction Needed, Should Be Monitored Closely In Action Plan	220 / 5	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan	280 / 6	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan
9	Lack of Lightening	120 / 5	Substantial Risk; Correction Needed, Should Be Monitored Closely In Action Plan	160 / 7	Substantial Risk; Correction Needed, Should Be Monitored Closely In Action Plan	208 / 7	High Risk; Immediate Correction Required, Required To Be Included In Short Term Action Plan
10	Lack of Warning Signals	480 / 2	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed	910 / 2	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed	144 3,2 / 2	Very High Risk; Consider Discontinuing Operation, Immediate Precautions Needed



2015.03.02.ECON.01

LABOR PRACTICES IN CHINA AND ITS EFFECT ON THE COUNTRY'S ECONOMY

Ali SOYLU*

Assoc. Prof. Dr., Cameron University, Lawton, OK, USA

Received: 01 September 2015

Accepted: 28 December 2015

Abstract

A major factor hidden behind the overall success of China is the cheap production of goods, infrastructures, and relatively cheap labor force. Subsequently, this research will show that some practices are not legal and transparent in the hiring practices of China's labor force. Labor regulations are being violated daily bases and the laws governing the matter are not being enforced properly. As a result China is managing to become one of the leading empires in today's economy. Moreover, this research will demonstrate that it is a tremendous task for the China's leading economists to create business and financial models to stay on track as the fastest-growing economy. This paper also rounds up to promote the adoption of radical governmental and financial implementations, instead of solely relying upon cheap labor to develop China's economic strata.

Keywords: Çin, Ekonomi, İnsan Kaynakları, İşçi Uygulamaları

Jel Code: F66

ÇİN'DE İŞÇİ UYGULAMALARI VE ÜLKE EKONOMİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Özet

Çin'in ekonomideki genel başarısının arkasındaki faktörler; üretimi destekleyen altyapıları, nispeten ucuz iş gücü ve dolayısı ile ucuz üretimdir. Bu araştırma Çin'de iş gücü ile ilgili bazı uygulamaların illegal ve işe alma uygulamalarının şeffaf ve yasal olmadığını gösteriyor. Çin'de işgören hakları hergün ihlal ediliyor ve bu konudaki mevcut yasalar gerektiği gibi uygulanmıyor. Buna rağmen, sonuç olarak Çin günümüz dünya ekonomisine önderlik eden imparatorluklardan biri haline geldi. Ayrıca, bu araştırma gösteriyor ki Çin'in ekonomideki önderliğini ve en hızlı büyüyen ekonomi olma özelliğini koruyabilmesi için ticari ve finansal modeller oluşturmak zorundadır. Bu çalışma ayrıca Çin'in ekonomik tabakaları geliştirmek için ucuz işgücüne güvenmek yerine, radikal idari ve finansal uygulamaları adapte etmesi ve desteklemesi gerektiğini belirtir.

Anahtar Kelimeler : China, economy, human resource, labor regulations

Jel Kodu : F66

1. INTRODUCTION

In the past decade, China has become one of the world's largest forces regarding the world's economic development. By the rankings from the Business Insider article (June 2013), China is the second largest economy force, while the United States is still considered the number one; nonetheless most Americans believe that

China has taken the lead. Following China, the third largest force in economy today is Japan. Several questions arise with the statement above. The first and most important question is, how China became so important and powerful in the last 30 years, and whether the success they are having is sustainable. The answer to the first question lies behind the fact that China has a large population, and the labor employed is very affordable and cheap for the most part. China's success lies behind the changes in the

* asoylu@cameron.edu (Corresponding author)

world's business trends that have occurred in the last three decades. The lower transaction costs and different global rates of trade have enabled China to profit from their labor resources. Major factor that enhances China's economy is the Chinese government. The government allocates most of the resources and then directly or indirectly commands all the national assets and income. The important issue that rises with the success of China is the hiring practices in the country and whether they are fair and legal. The basic requirements of China's Labor Laws are very simple such as the equal treatment of employees regardless of their race or sex. There will be no employment for the children that are 16 years of age or younger, and the right for the workers to organize in the labor unions. The laws also set standards for the working hours and conditions, family leave, holidays, minimum wages. Each provincial government sets its own minimum wage standard. For example in Shanghai of the year 1999, the minimum wage was 33 cents when recalculated from Chinese Renminbi (Yuan) to American dollars. The minimum wage for the other cities was considerably less (Jackson, 2011).

2. MASSIVE AND INEXPENSIVE WORKFORCE: ESSENCE TO CHINA'S SUCCESS

In the first part of the paper we will be explaining the power of China in the world today and if their economy is on the way to surpass such a strong economy like the United States. From the statistics in 2006 China had a workforce of 795.3 million. The prediction is that by the year 2030 forty percent of the global force will come from China or India (Hays, 2008). There is not one sole factor of China's success. China in the moment has the second largest economy by the nominal GDP and the purchasing power parity, the United States is number one. China is the fastest growing economy in the world and according to the numbers China's economy growth is around ten percent per year in the last thirty years (Fogel, 2010). China is also the largest exporter in the world and the second largest importer in the moment.

The way China is today was not always the case. Specific policies and the change in the government structure led to the improvement in the last few decades. The road of success for China began in 1978 with two reformers; Li Xiannian and Deng Xiaoping. Their main argument was "Who cares if the cat is black or white as long as it catches the mice". With the influence of these two reformers China began to accept more pragmatic approach on political and socioeconomic issues. Very soon after that China adopted the capitalist economical approach. The focus was on raising the personal wealth and consumption and on the new management methods that have improved the productivity. Another factor that has contributed to the success is the fact that in the 1980's China has opened its borders to foreign investments.

This policy has opened a lot of doors for different large companies to enter the Chinese markets and establish their businesses. The private sector is the part of the economy that grew at the fastest rate and by the year 2005 for as much as seventy percent of the overall China's GDP (Bloomberg 2008).

A major factor that is hiding behind the overall success of China is the cheap production of goods and the relatively affordable labor force. China is the global leader in the labor-intensive manufacturing. China produces almost half of the world's shoes as well as clothes, household gadgets, toys, appliances, furniture, Christmas ornaments, utensils, and sunglasses. Interesting fact is that the majority of the American flags and hand-painted Jesus and Mary figurines sold in the United States are made in the factories in China! Most of the products that have the tag, "Made in US" on them have probably been produced in China or at least some parts of it. Since the economy in China is doing well the wages went up. In manufacturing the average wage in 2009 was around two hundred dollars per month and that was seventeen percent more than the year before (Hays, 2008). This wage of 200\$ per month represents a decent increase but it is still fairly low in comparison to the United States. China is able to produce the goods for very cheap which has put the rest of the world on its heels. This effect has been named "China price". For a lot of Americans this meant the loss of their jobs because a lot of different businesses have shifted their production from the United States to China but some other businesses such as Wal-Mart and other discounters that focused on the high volumes of production and low prices have benefited. Although the goods produced in China are very cheap, ironic enough they are on average more expensive in China than they are in the United States. One example for this would be an Apple computer. The price of the computer in Beijing is \$2,750 which is five hundred dollars more than it is in the United States. For instance, Nike shoes can cost a person as high as \$200 dollars if they are being purchased in the official Nike store in China. A good example of cheap labor force would be the Volkswagen factory. According to its executive "the cost of labor in China is nothing". Another huge factor of excellent Chinese productivity is the speed of the production. In 2009 China has accounted for 18.6 percent of the world's gross manufactured output (Hays, 2008).

What is in fact astonishing is the amount of profit that China generates from their products. The example would be a pair of sunglasses. They can be made in China for the cost of a single dollar and then be sold in the United States for thirty-five dollars or even more. That is a huge profit margin in comparison to the initial cost.

All the factors that we have mentioned above have put China on the top of the world's economic outlook. Nowhere else on the globe can such a production level be found as the one that China has. It is due to high volumes

and the fast production for very cheap labor wages and cheap materials. However, that might not last for much longer. “Looming demographic changes are large, irreversible and inevitable” (IMF report). The key age groups for China, which are the workers around the age of twenty, is neither willing to spend their lives living in small company dorms nor willing to work for a minimum wage. Labor shortage will catch up with the fantastic productivity some time in the future and it is inevitable. This event could cause the wages in China to keep growing which would mean good news for the rest of the world. For the industries that are of interest for the United States- higher-end manufacturing or technology and research in heavy fields. China will fight to remain competitive, but once the country's wage advantage disappears, the higher value-added jobs will become more important.

3. ISSUES OF ILLEGITIMATE LABOR PRACTICE

In the second major part of my research paper we will discuss the illegal labor practices, and the scandal of child labor in China. To start with, working conditions in Chinese factories are not adequate or appropriate for workers. The majority of time employers discriminate on the basis of height, looks, health, home province and age. Some workers are not considered because they are too ugly or too short or have had hepatitis in the past. The most typical advertisement for the factory job would be: “Age 18 to 35, middle school education, good health good quality, attentive to hygiene, willing to eat bitterness and work hard, women 1.66 meters or taller, people from Jiangxi and Sichuan need not apply” (Hessler). Workers often quit because they work too much overtime and the compensation is not very high. Sometimes workers go for months without getting paid and in case they quit the job they never receive the pension or the severance pay that has been promised to them. The reason that is behind child labor lies in the fact that a bulk number of families in China are very poor so that every member of the family capable of work is trying to find a job. There were several cases of reports of child labor lately. Samsung Electronics Co. audit team has found out that a lot of workers in China were working overtime hours and were not paid for it. Furthermore, they were getting fined if they were absent from work or tardy. After the investigation it appeared that children were doing the same amount of work as the adults did but they were getting only around 70% of the pay that the adults got. Other accusations were saying that the working conditions were horrible; some called them “inhumane”. After this incident Samsung is auditing 144 more suppliers in China and the reports from Samsung are saying that the illegal overtime will end by the end of 2014. Another incident in Chinese factories has occurred

at two Microsoft factories where conditions for work were inhumane. Both of the factories are based in Guangdong. The company has been accused of illegal labor practices including the employment of a large number of children from the age of 16-18. Microsoft has been warned to change their work practices and to comply with the law. The investigation has been conducted by Dongguan human resources bureau following the report from the United States based on the non-profit organization Nation Labor Committee (NLC). The report that came from the investigation was shocking. Workers had long working hours, a low pay, insufficient food and few freedoms for young laborers at the KYE Systems Corporation factory in Dongguan, South China's Guangdong province. The report also included that the children were working in 15-hour shifts for around 50 cents per hour! Moreover the children were prohibited to use the bathroom during the working hours and they all slept in a 14-person dorm room. They were not allowed to leave the factory when they wanted to, only on few occasions when they were allowed to.

According to these two stories mentioned above, it is obvious that China's usage of illegal practices for the production has been increasing. They are taking advantage of the fact that China has numerous workforces and to make a living most of the people are willing to work in awful conditions. As we mentioned earlier, children will go to factories and work because they also need to contribute somehow so that the family can make enough money to feed and clothe everyone. A lot of different laws are being broken such as terrible working conditions, a lot of overtime that is not being compensated although workers are penalized if they are late for work. The laws exist to protect the workers but they have to be stricter toward the employers and give more benefits to employees. Another issue that is obvious is the reinforcement of the existing laws. (Maass, 2013)

4. LABOR ADVANTAGE: IS IT STILL THE BEST FORMULA FOR FUTURE GROWTH?

The important question that has to be addressed is whether China will be able to sustain the rate of success it has been experiencing just by solely relying on its advantage of massive and cheap labor. My research findings will indicate that there are much more significant factors that need to be improved for China to continue its growing trend.

According to Wu (2013), China will keep growing but they will meet some bumps on the road. For Wu the biggest challenge will be the incomplete reform as the semi-market and semi-command economy system will result in severe economic and social problems. Although the private sector in China is at the constant growth rate in the last thirty years, the state still controls key sectors of

banking, petroleum, railroads and telecom. The government also holds huge amounts of land that they acquired from peasants and poor people at very low prices. The law in China is still favoring the government body. Governments at all levels have enormous power over the allocation of important economic resources according to Wu. If China will sustain the present growth they need to privatize more business sectors and take the power from the government body. Other concerns that Wu expressed are inflationary pressures, corruption, and “crony capitalism”. The transition from socialism to capitalism is never smooth and a lot of people are raising their voices toward the government to give some power to the people.

China is lately facing serious issues that are affecting their recent growth. Toward the end of 2012 China experienced elevated amount of debt and a bubbly property market. The government took a step forward and helped the way to recovery. The first quarterly figures for 2013 are showing that China is back on track but certain concerns still exist because of the stressed corporate balance sheets and a pervasive local government bailout culture. According to Alistair Thornton, a senior China economist, this is not a healthy way to recover. From the data shown in the first quarter of the year the country's GDP has picked up equal to 8% which is the increase of 0.1% from the previous quarter. The large reason of recovery in comparison with the previous quarter is the fact that government injected \$157 billion in the infrastructure (Qing, 2012).

The concern that China has is the presence of the shadow banking system, which now accounts for a large portion of debt that is used to fund building projects in the absence of the bank credit. The shadow banking system is estimated at 22.8 trillion Yuan, which is \$3.7 trillion in American dollars. That number is equivalent to 44% of GDP and 25% of the total credit according to Credit Suisse (Harjanim, 2013). Because of the rising concerns over the elevated debt which is caused by the rise of shadow banking and the rapid credit growth the prompted rating agency Fitch has downscaled China's long-term local currency credit rating to A-plus from AA-minus.

According to Chang (2011), the author of “The Coming Collapse of China” the deflation rate in the manufacturing sector will slow down the economy completely. China does have a great GDP growth, but the deflation rate and the growth do not go together in the same sentence. Chang (2011) added that economy this year will grow at the rate of 4-5 % but the government will likely report it at around 7% at the year-end.

After all the issues that China is facing and will face in the future there are plans prepared already to overcome those issues and to keep the country moving forward.

According to the Chinese economic researchers there are several reforms needed. China needs reforms in land

market, labor market, and the capital market. The reforms needed in land market include the changes in the rural area to capitalize the land of the farmers, which also means giving the farmers full property rights to land and establishing a unified land market. This will mean an excellent means of liquidity injection and it may also act as the starting engine for the next future boom of the Chinese economic growth. Another idea is to create the ownership registration and certification of the rural land, which already started in 2011 and it is already serving as an excellent preparation for the future reform. Next, what China needs is to do reforms in labor market. They need to promote the life in urban areas. Further reforms are necessary in the social security and public goods sector. Finally by deepening reforms in the labor market, population agglomeration will be more developed in the metropolitan areas. The improvement of the industrial organization, as well as the spilling over of technology will enhance TFP. Lastly China needs reforms in the capital market. Market-oriented and asset-management-based reforms are needed to insure the sound development of Chinese financial market in the future.

5. CONCLUSION

In the paper, we have shown that the concurrent labor practices enabled China to become one of the largest economies all over the globe. Earlier in the paper we have mentioned that production costs are very low and the price of labor is cheap and affordable. However, there have been many issues regarding the labor treatment. Chinese companies have been responsible for the exhaustion of the workers, inhumane working conditions, very low hourly salary and the employment of child labor. The companies such as Apple and Microsoft have been involved in scandals surrounding the labor issues. To be able to produce the product at the very fast pace and sell it in other countries for the profit of 35 times per unit (sunglasses) have played a huge role in the process of China gaining economic power. The laws exist to protect the workers but they have not been followed through. There is a law where the company is not able to give a job to 16-year old boys but regardless the laws the boys are still working in the factories for the minimum wage. The reports state that boys are working the same amount of hours as the adults do but they only get 70% of the compensation that the adults get. Because of many incidents that have happened in the companies and their factories the Chinese government passed the law in 2008 that gave more power to the workers. This law has given better protection for the employees including the workers rights, signed and written contracts for all the employees. This event has also raised the cost of labor. A lot of firms are complaining that because of that law their labor costs have risen as much as 40%. Now with the new law firms have to pay the

minimum wage, give benefits to the workers and register all the employed workers. This has caused some of the established firms in China to move their business elsewhere. Even though this new law has been passed the labor issue in China still exists. It is not enough just to pass the law it is also important to enforce it. The implementation and enforcement have always been the biggest issues surrounding the labor law in China.

6. LIMITATIONS OF THE RESEARCH

There are still lot of questions hanging over the success of China and the labor laws and practices. As we mentioned China has been successful because of the cheap labor but with all the changes with labor laws workers are getting more power. Now firms in China need to pay their workers larger amounts of wage which is forcing some of them to leave the country and take their business elsewhere. The United States are very happy with that outcome because it brings a lot of the jobs back home. China needs to be on extreme alert when it comes to child labor. Because the workers now need to get paid at least a minimum wage, firms choose to have children do the work and they do not register them. We believe if China does not solve all the existing issues, and does not align with the rules of international business they will eventually lose

References

- Ansuya Harjani (2013). Not Concerned About Hard Landing in China: IMF. <http://www.cnbc.com/id/100647731>.
- Gordon G. Chang (2011). The Coming Collapse of China.
- Haiyi Liu (2013). Can China Sustain its Growth? China's Economic Challenges in the Next Ten Years. http://fudan-ucsd.edu/_files/01072013_report_event.pdf.
- Harold Maass(2013). China's nightmarish working conditions: By the numbers. <http://theweek.com/article/index/245088/chinas-nightmarish-working-conditions-by-the-numbers>.
- Ira Phillips (2008). China's New Labor Law: A View from Foreign Business. <http://www.chinacenter.net/chinas-new-labor-law-a-view-from-foreign-business/>.
- Jeffrey Hays (2008). Electronics And Technology Industries In China. <http://factsanddetails.com/china.php?itemid=357>.
- Jeffrey Hays (2008). Labor In China: Working Conditions, Wages And Stress. Facts and Details. <http://factsanddetails.com/china.php?itemid=367>.
- Keith Bradsher (2012). Two Sides to Labor in China. <http://www.nytimes.com/2012/03/31/business/global/labor-shortage-complicates-changes-in-chinas-factories.html?pagewanted=all&r=0>
- Koh Gui Qing (2012). Chinese government approves over \$150 billion in spending on airports, roads and infrastructure. <http://skift.com/2012/09/08/chinese-government-approves-over-150-billion-in-spending-on-airports-roads-and-infrastructure/>.
- Lee Chyen Yee (2012). Right Group Says Apple Suppliers in China Breaking Labor Laws. <http://www.reuters.com/article/2012/06/28/us-apple-china-suppliers-idUSBRE85R0EA20120628>.
- Miyoung Kim (2012). Samsung Working Conditions In China May Be Illegal, Labor Rights Group Says. http://www.huffingtonpost.com/2012/11/28/samsung-working-condition_n_2203803.html.

all the progress and the economy will start slowing down tremendously.

7. FUTURE RESEARCH

It is a tremendous task for the leading economists of China to create business and economy models that will keep China on track of the fastest growing economy. Instead of solely relying upon cheap source of labor, China should focus more on other radically governmental and financial implementations. First, China has to privatize larger parts of their properties and get the power out of the hands of the government. Second, the economy needs to be open to the outside world, get in line with the world and get aligned with international standards. In addition, China needs to reform its state of economy from rigid-government-dominant into flexible-market-oriented. Other resolutions would be to control the price of real estate, to expand the real economy, to depreciate RMB and to adopt the expanding monetary policy and stringent fiscal policy.

- Nathan Jackson (2011). What Are Major Aspects of Chinese Labor Law. <http://ebook.law.uiowa.edu/ebook/uicfd-ebook/what-are-relevant-issues-concerning-chinese-labor-and-employment-law>.
- Online Extra: "China Is a Private-Sector Economy". Bloomberg BusinessWeek. <http://www.businessweek.com/stories/2005-08-21/online-extra-china-is-a-private-sector-economy>.
- Peter Hessler (2008). China's Boomtowns. National Geographic. <http://ngm.nationalgeographic.com/ngm/0706/feature4/text4.html>.
- Philip Spiegel (2011). Stanford Lecture: Can China Sustain its Phenomenal Growth? <http://paloalto.patch.com/groups/politics-and-elections/p/can-china-sustain-its-phenomenal-growth>.
- Robert Fogel (2010). \$123,000,000,000,000*<http://www.foreignpolicy.com/articles/2010/01/04/12300000000000>.
- Stanley Lubman (2012). Working Conditions: The Persistence of Problems in China's Factories. <http://blogs.wsj.com/chinarealtime/2012/09/25/working-conditions-the-persistence-of-problems-in-chinas-factories/>.
- The End of Cheap Labor. IMF. <http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2013/06/das.htm>
- Usman Hayat (2011). What Explains China's Economic Growth, And Is It Sustainable? <http://blogs.cfainstitute.org/investor/2011/12/06/what-explains-china%E2%80%99s-economic-growth-and-is-it-sustainable/>. Xi says China to sustain "relatively high" growth.



2015.03.02.OR.05

PROPOSAL OF A TWO-STAGE MODEL FOR MEASURING THE PORT EFFICIENCY AND AN IMPLICATION ON TURKISH PORTS

Samet GÜNER*

Assist. Prof. Dr., Faculty of Management, Sakarya University, Sakarya

Received: 16 September 2015

Accepted: 27 December 2015

Abstract

In the port operating process, it is aimed to use various infrastructure and superstructure inputs for freight handling and serving ships and intended to generate revenue from handled freights and served ships. Therefore, two sequential stages appear in the port operating process. In this process, the outputs from the first stage are the inputs to the second stage. Port managers would aim to maximize the freight handled and the number of served ships with using the existing resources in the first stage and then, maximize the revenue from handled freights and served ships in the second stage. Data Envelopment Analysis (DEA) which is the most widely used technique to estimate port efficiency was designed for the single stage processes and it is inadequate in two-stage operations. In order to overcome this limitation, some DEA based two-stage techniques were developed and used. In this study, a two-stage DEA model was proposed for measuring the port efficiency and applied to a number of Turkish ports. Results show that two-stage DEA approach provides more proper results than those in single stage DEA when there are sequential stages. It is expected that the proposed two-stage DEA model may contribute both literature and practice.

Keywords: Efficiency, two-stages, port, data envelopment analysis

Jel Code: C19, C44, I18

LİMAN ETKİNLİĞİ ÖLÇÜMÜNDE İKİ AŞAMALI BİR MODEL ÖNERİSİ VE TÜRK LİMANLARI ÜZERİNDE BİR UYGULAMA

Özet

Liman işletim sürecinde, çeşitli altyapı ve üstyapı girdilerini kullanarak yük elleçlemek ve limana gelen gemilere hizmet vermek, elleçlenen bu yüklerden ve hizmet verilen gemilerden de gelir elde etmek amaçlanır. Dolayısıyla, liman işletim sürecinde karşımıza birbirini takip eden iki aşamalı bir süreç çıkmaktadır. Bu süreçte birinci aşamanın çıktıları, ikinci aşamanın girdilerini oluşturmaktadır. Liman yönetimi, birinci aşamada kullanılan kaynaklar ile en yüksek seviyede yük elleçlemeyi ve en fazla sayıda gemiye hizmet vermeyi, ikinci aşamada ise elleçlenen bu yüklerden ve hizmet verilen gemilerden maksimum seviyede gelir elde etmeyi amaçlar. Liman etkinliğinin ölçülmesinde en sık kullanılan yöntem olan Veri Zarflama Analizi (VZA), tek bir sürecin etkinliğini ölçmek için tasarlanmıştır. Birbirini takip eden bir sürecin etkinliğini ölçmek için ise VZA temelli çeşitli iki aşamalı etkinlik ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, liman etkinliklerinin ölçümünde kullanılacak iki aşamalı bir VZA modeli önerilmiş ve Türk limanları üzerinde uygulanmıştır. Sonuçlar, birbirini takip eden süreçler söz konusu olduğunda, iki aşamalı modelin liman performansını tek aşamalı VZA'ya göre daha doğru bir şekilde değerlendirdiğini göstermektedir. Bu çalışmada önerilen iki aşamalı VZA modelinin hem literatüre hem de uygulamaya katkı yapması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler : Etkinlik, iki aşamalı, liman, veri zarflama analizi

Jel Kodu : C19, C44, I18

* sguner@sakarya.edu.tr (Corresponding author)

1. GİRİŞ

Ticaret zinciri içerisinde önemli bağlantı noktaları olan limanların etkinliği şehir, bölge ve ülke ekonomisini yakından etkilemektedir (Tongzon 1995; Shan vd. 2014; Güner, 2015). Bu önemine istinaden liman etkinliğini ölçme ve değerlendirme konusu hem dünyada hem de ülkemizde yapılan akademik çalışmalarda oldukça dikkat çekmektedir.

Liman etkinliğinin ölçülmesinde Stokastik Sınır Analizi (SFA veya SSA) ve çoklu doğrusal regresyon analizi gibi parametrik tekniklerin yanı sıra, Veri Zarflama Analizi (DEA veya VZA) ve Serbest Atılabilir Zarf (FDH veya SAZ) gibi parametrik olmayan teknikler de kullanılmaktadır. Farklı tekniklerin varlığına karşın, parametrik teknikler içerisinde SSA, parametrik olmayan tekniklerden ise VZA, liman etkinliğinin ölçülmesinde en sık kullanılan yöntemlerdir (Panayides vd. 2011).

Liman performansının ölçülmesi ile ilgili literatür incelendiğinde, uygulama aşamasında araştırmacılara sağladığı avantajlardan ötürü VZA'nın SSA'ya göre daha yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Nitekim birçok uluslararası çalışmada araştırmacılar liman etkinliği ölçümünde VZA'yı tercih etmiştir (Roll ve Hayuth, 1993; Tongzon, 2001; Barros ve Athanassiou, 2004; Cullinane vd. 2005; Barros, 2006; Wu ve Goh, 2010; Hung vd. 2010; Cheon vd. 2010). Ülkemizde de, liman etkinliklerinin karşılaştırmalı olarak ölçülmesinde veri zarflama analizinden yaygın bir şekilde faydalanılmıştır (Baysal vd. 2004; Bayar, 2005; Güner vd. 2012; Çağlar, 2012; Ateş vd. 2013; Güner ve Coşkun, 2013; Bircan, 2014; Ateş ve Esmer, 2014; Güner ve Coşkun, 2014; Güner vd. 2014; Güner, 2015).

VZA, tek aşamalı bir sürecin etkinliğini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu nedenle tek aşamalı bir sürecin etkinliğini ölçmede yeterli olsa da, birbirini takip eden iki aşamalı bir sürecin etkinlik ölçümü söz konusu olduğunda yetersiz kalmaktadır. VZA'nın bu kısıtının üstesinden gelmek amacıyla çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar bankacılık (Seiford ve Zhu, 1999; Chen ve Zhu, 2004) ve sigortacılık (Kao ve Hwang, 2008; Chen vd. 2009) gibi sektörlerde uygulanmış olsa da, birkaç istisna haricinde (Yun vd. 2011; Wanke, 2013) dünyadaki ve ülkemizdeki liman literatüründe iki aşamalı etkinlik ölçümü büyük ölçüde göz ardı edilmiştir. Hâlbuki liman işletim sürecinde de birbirini takip eden süreçler söz konusu olduğu için, iki aşamalı etkinlik ölçümü ile daha sağlıklı bir performans değerlendirme yapılabilir.

Bu çalışmanın amacı, liman etkinliğinin ölçülebilmesi için iki aşamalı bir model önermektir. Önerilen bu model Türk limanları üzerinde uygulanacak ve sonuçları tartışılacaktır. Analiz sonuçları, iki aşamalı etkinlik ölçüm yaklaşımının geleneksel etkinlik ölçümüne göre daha

sağlıklı sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Ayrıca, analiz sonuçları değerlendirilerek araştırmaya dâhil olan limanların etkinliklerinin artırılabilmesi için öneriler sunulmuştur. Bu yönüyle araştırmamızın hem literatüre hem de uygulamaya katkı sunması beklenmektedir.

Çalışma şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde veri zarflama analizi ve iki aşamalı etkinlik ölçüm yaklaşımları tanıtılacaktır. Üçüncü bölüm, araştırmanın kapsamını, veri setini ve modelini tanıtan yöntem bölümüdür. Dördüncü bölümde analizler yapılacak ve bulgular tartışılacaktır. En son bölümde ise araştırmanın sonuçları sunulacaktır.

2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ VE İKİ AŞAMALI ETKİNLİK ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI

Veri zarflama analizi, ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen parametrik olmayan bir karşılaştırmalı etkinlik ölçüm tekniğidir. Özellikle de birden çok girdinin ve çıktının bulunduğu durumlarda oldukça kullanışlı bir tekniktir (Panayides et al. 2009). Bu teknik, en iyi uygulamaları tespit ederek etkin olarak tanımlamakta ve bunları etkin olmayan karar birimlerine benchmark olarak atayarak onların da etkin olabilmesi için girdi-çıkıtı hedefleri sunmaktadır.

VZA'nın temel işleyişi Şekil 1 üzerinde gösterilebilir. Şekil 1'deki a , b ve c karar birimlerinin iki adet girdi kullanarak (x' ve x'') tek bir çıktı ürettiğini varsayalım. Tüm karar birimleri farklı miktarlarda girdi kullanmakta ancak aynı miktarda çıktı üretmektedir. Etkinlik sınırı ($k - k'$) üzerinde yer alan a ve b birimleri etkin iken, etkinlik sınırının uzağında bulunan c ise etkin değildir. Çünkü c karar birimi a ve b ile karşılaştırıldığında, aynı miktardaki çıktıyı üretebilmek için daha fazla girdi kullanmış, bu da süreçlerinin etkinsiz olmasına neden olmuştur.

Etkinlik sınırı üzerinde bulunan a ve b 'nin etkinlik puanı %100 etkinliği ifade eden 1'dir. c 'nin etkinlik puanı ise 1'den küçük olup, etkinlik sınırına olan uzaklığına göre belirlenir. Buna göre c 'nin etkinliği, $0c'/0c$ oranı ile hesaplanabilir. $0c'$ 'nin $0c$ 'den küçük olduğu göz önüne alınırsa, c 'nin etkinliğinin 1'den küçük bir değer alacağı kolaylıkla anlaşılabilir. Dolayısıyla, c etkinlik sınırından uzaklaştıkça etkinlik puanı düşecek, etkinlik sınırına yaklaştıkça ise etkinlik puanı yükselecektir.

Bu süreçte a ve b birimleri c 'ye benchmark olarak atanacak ve c 'ye performans hedefleri belirlenmesinde referans alınacaktır. Bir benchmark olarak a 'nın katkısı bc'/ba ile hesaplanırken, b 'nin katkısı ise ac'/ab formülü ile hesaplanmaktadır.

α : Birinci sürecin etkinlik puanı

β : İkinci sürecin etkinlik puanı

x : Birinci sürecin girdisi

z : Ara değişken (Birinci sürecin çıktısı, ikinci sürecin girdisi)

y : İkinci sürecin çıktısı

Seiford ve Zhu (1999) tarafından geliştirilen iki aşamalı VZA yaklaşımına başka bir alternatif ise Kao ve Hwang (2008) tarafından önerilmiştir. Yazarlar, ara değişkenler nedeniyle tüm süreçlerin birbirleri ile ilişkili olduğunu belirterek, bu ilişkileri dikkate alan ilişkisel bir “iki aşamalı VZA” yaklaşımı geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yaklaşımda tüm sürece ve alt süreçlere ait VZA modelleri tek bir modelde birleştirilmiştir. Modeller arasındaki ilişkinin kurulabilmesi amacıyla da her bir girdi-çıkıtı değişkenine hangi modelde ve hangi rolde olduğuna bakılmaksızın aynı çarpanlar verilmiştir. Bu yaklaşımda genel etkinlik, alt süreçlerin etkinliğinin bir ürünü olup, her ikisinin çarpımına eşittir. Yani bir karar biriminin genel etkinlik puanı, iki alt sürecin etkinlik puanlarının çarpılması ile tespit edilmektedir. Kao ve Hwang (2008) tarafından geliştirilen ilişkisel iki aşamalı yaklaşım aşağıdaki gibi modellenmektedir.

$$\begin{aligned} \theta &= \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \\ &\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m; \quad p = 1, \dots, q$$

x : Birinci sürecin girdisi

z : Ara değişken (Birinci sürecin çıktısı, ikinci sürecin girdisi)

y : İkinci sürecin çıktısı

u_r, v_i, w_p : Ağırlıklar

Bu yaklaşım farklı etkinlik modelleri arasındaki ilişkileri dikkate almaktadır. Ayrıca, bu yaklaşımda karar birimlerinin genel etkinlik skorları, iki alt sürecin etkinliklerinin çarpımına eşit olmaktadır. Yani bir karar biriminin etkinliği, alt süreçlerinin bir ürünüdür. Böylelikle eğer genel süreçte bir etkinsizlik varsa, bunun kaynağı daha net bir şekilde tespit edilebilmektedir. Bu avantajlarından ötürü Kao ve Hwang (2008) tarafından önerilen ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımı Chen ve Zhu

(2004) tarafından önerilen yaklaşımdan daha sağlıklı sonuçlar üretebilmektedir.

3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırma Akport, Hopaport, Giresun, Ordu, Riport, Alport, Dikili, Bandırma, Haydarpaşa, İzmir, Samsun, Derince ve İskenderun olmak üzere 13 Türk limanını kapsamaktadır. Araştırma kapsamında liman operasyonlarına yönelik üç farklı etkinlik boyutu belirlenmiştir. Bunlardan birincisi, “operasyonel etkinlik” olup, limanların sahip oldukları çeşitli altyapı ve üstyapı kaynakları ile maksimum seviyede yük elleçleyip elleçlemediğini ve maksimum sayıda gemiye hizmet verip vermediğini sorgulamaktadır. Bir diğer etkinlik boyutu ise “finansal etkinlik” olup, elleçlenen yüklerden ve hizmet verilen gemilerden maksimum gelir elde etmeyi amaçlamaktadır. Üçüncü ve son etkinlik boyutu ise “genel etkinlik” olarak adlandırılmıştır. Genel etkinlik, limanlarda yük elleçlemek ve gelen gemilere hizmet vermek amacıyla kullanılan kaynaklar ile maksimum seviyede gelir elde etmeyi amaçlamaktadır.

Limanların operasyonel etkinliğini ölçmek amacıyla beş girdi ve iki çıktı kullanılmıştır. Bu modelin girdileri terminal alanı, rıhtım uzunluğu, vinç sayısı, forklift sayısı ve işgücü iken, çıktıları ise elleçlenen yük miktarı ve hizmet verilen gemi sayısıdır. Finansal etkinlik ise iki girdi ve bir çıktı ile ölçülmüştür. Bir önceki aşamanın çıktıları olan elleçlenen yük miktarı ve hizmet verilen gemi sayısı, bu aşamanın girdisini teşkil ederken, limanların elde ettikleri toplam gelir de bu sürecin çıktısını oluşturmuştur. Genel etkinlik modeli ise terminal alanı, rıhtım uzunluğu, vinç, forklift ve işgücü girdilerinden ve toplam gelir çıktısından oluşturulmuştur. Araştırmada kullanılan girdiler ve çıktılar Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Girdiler ve Çıktılar

	Girdiler	Çıktılar
Operasyonel Etkinlik	Terminal alanı	Yük miktarı
	Rıhtım uzunluğu	Gemi sayısı
	Vinç sayısı	
	Forklift sayısı	
Finansal Etkinlik	İşgücü	
	Yük miktarı	Toplam Gelir
Genel Etkinlik	Gemi sayısı	
	Terminal alanı	Toplam Gelir
	Rıhtım uzunluğu	
	Vinç sayısı	
	Forklift sayısı	
	İşgücü	

Limn etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla, bu araştırmada geleneksel tek aşamalı etkinlik ölçüm modelinin yanı sıra, iki aşamalı bir model de kullanılmış ve her iki tekniğın sonuçları karşılaştırılmıştır. Tek aşamalı etkinlik ölçümünde, operasyonel etkinlik, finansal etkinlik ve genel etkinlik birbirinden bağımsız bir şekilde ölçülmüş ve ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu analizlerde, hem teknik hem de ölçek etkinliğini ölçmek amacıyla Charnes vd. (1978) tarafından önerilen orijinal ölçeğe sabit getirili VZA tekniği kullanılmıştır. İki aşamalı etkinlik ölçümünde ise operasyonel etkinlik ile finansal etkinlik birbirini takip eden süreçler olarak değerlendirilmiş ve aynı model içerisinde ölçülmüştür. Liman etkinliğini iki aşamalı olarak ölçmek amacıyla Kao ve Hwang (2008) tarafından geliştirilen ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımı kullanılmıştır. Ancak, bu yazarlardan farklı olarak, bu çalışmada girdi yönelimli değil, çıktı yönelimli bir model tercih edilmiştir. Çıktı yönelimli ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımı aşağıdaki gibi modellenmiştir.

$$\theta = \min \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1$$

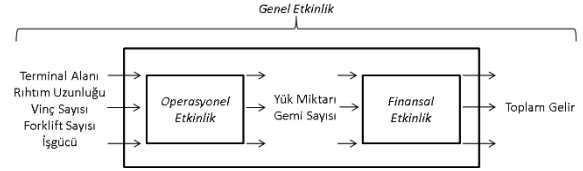
$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{p=1}^q w_p z_{pj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{p=1}^q w_p z_{pj} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i, w_p \geq \epsilon, \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m; \quad p = 1, \dots, q$$

Bu bilgiler ışığında iki aşamalı etkinlik modeli Şekil 3'teki gibi kurulmuştur. Buna göre, birinci aşamada, limanların mevcut altyapı ve üstyapı kaynakları ile maksimum seviyede yük elleçleyip maksimum sayıda gemiye hizmet verip vermedikleri sorgulanmıştır. İkinci aşamada ise limanların elleçledikleri mevcut yük miktarı ve hizmet verdikleri gemi sayısı ile maksimum seviyede gelir elde edip etmedikleri araştırılmıştır. Dolayısıyla her iki aşama da çıktı yönelimli olarak modellenmiştir. Böylelikle, her iki aşamanın birlikte değerlendirilmesiyle beraber, iki aşamalı liman etkinlik modeli oluşturulmuş olmaktadır.



Şekil 3. İki aşamalı liman etkinlik modeli

Analizlerde kullanılan veriler 2010 yılına ait olup, bir kısmı Türkiye Denizcilik İşletmeleri A.Ő., Özelleşen Limanlar Takip İşleri Dairesi Başkanlığı'ndan, bir kısmı ise ilgili limanlardan bireysel başvuru ile temin edilmiştir.

4. ANALİZ VE BULGULAR

Araştırmanın analizleri iki safhada yapılacaktır. Öncelikle limanların operasyonel etkinliği, finansal etkinliği ve genel etkinliği tek aşamalı VZA yaklaşımı ile ayrı ayrı ölçülecek ve değerlendirilecektir. Daha sonra ise elleçleme etkinliği ile finansal etkinlik birbirini takip eden bir süreç olarak değerlendirilecek ve aynı veri setine Kao ve Hwang (2008) tarafından geliştirilen ilişkisel iki aşamalı VZA modeli uygulanacaktır.

Limnların tek aşamalı etkinlik skorları Tablo 2'de gösterilmiş ve Şekil 4'te görselleştirilmiştir. Limanların operasyonel ve finansal etkinlikleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde, operasyonel etkinliğin finansal etkinliğe göre daha yüksek olduğu görülmektedir (sırasıyla 0,69 ve 0,33). Yani limanlar, genel anlamda, altyapı ve üstyapı kaynaklarını yük elleçlemede ve gemi hizmetinde daha etkin bir şekilde kullanırken, elleçlenen yüklerden ve hizmet verilen gemilerden gelir elde etme noktasında daha düşük bir performans sergilemektedirler.

Akport, Ordu, Dikili, Bandırma ve İzmir limanları operasyonel etkinlikte tam puan alırken, Haydarpaşa ise 0,26 puan ile en düşük performansı sergileyen liman olmuştur. Bu sonuç, Haydarpaşa Limanı'nın kaynaklarını yeterince etkin bir şekilde kullanamadığını, mevcut altyapı ve üstyapı kaynakları ile %74 daha fazla yük elleçlemesi ve daha fazla gemiye hizmet vermesi gerektiğini göstermektedir.

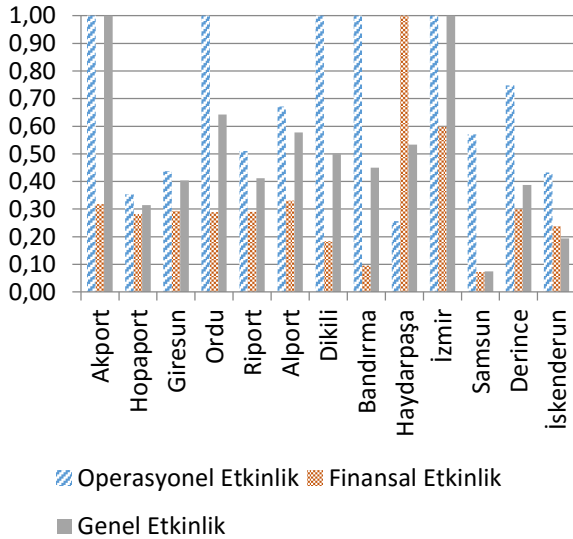
Diğer yandan, her ne kadar beş liman operasyonel aşamada etkin çıkmış olsa da, sadece Haydarpaşa limanı finansal anlamda etkin çıkmıştır. Haydarpaşa Limanı her ne kadar elleçleme kaynaklarını etkin bir şekilde kullanamıyorsa da, elleçlediği yüklerden ve hizmet verdiği gemilerden gelir elde etme bakımından yüksek bir performans sergilemiştir. Samsun Limanı'nın ise 0,07 puanla bu anlamda en etkisiz liman olduğu tespit edilmiştir.

Genel etkinlik skorlarına bakıldığında ise iki limanın etkin olduğu görülmüştür. Akport ve İzmir limanları, finansal etkinlikleri zayıf olmasına rağmen genel anlamda etkin olarak belirlenmiştir. Samsun limanı, genel

değerlendirmede de en etkinsiz liman olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Tek Aşamalı VZA Sonuçları

Limanlar	Operasyonel Etkinlik	Finansal Etkinlik	Genel Etkinlik
Akport	1,00	0,32	1,00
Hopaport	0,35	0,28	0,31
Giresun	0,44	0,29	0,40
Ordu	1,00	0,29	0,64
Riport	0,51	0,29	0,41
Alport	0,67	0,33	0,58
Dikili	1,00	0,18	0,50
Bandırma	1,00	0,10	0,45
Haydarpaşa	0,26	1,00	0,53
İzmir	1,00	0,60	1,00
Samsun	0,57	0,07	0,07
Derince	0,75	0,30	0,39
İskenderun	0,43	0,24	0,19
<i>Ortalama</i>	0,69	0,33	0,50



Şekil 4. Tek Aşamalı Etkinlik Skorları

Tablo 2’den görüleceği gibi, Akport ve İzmir limanları, finansal performansları zayıf olmasına karşın genel anlamda etkin çıkmışlardır. Bunun en büyük nedeni, genel etkinlik modelinin ara değişkenleri yani elleçlenen yük miktarını ve hizmet verilen gemi sayısını dikkate almamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, sağlıklı bir etkinlik değerlendirmesi yapılmasını engellemektedir.

Geleneksel VZA’nın bu kısıtının üstesinden gelmek için aynı veri setine ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımı uygulanmıştır. İki aşamalı VZA sonucunda elde edilen etkinlik puanları Tablo 3’te gösterilmiştir. Tablodaki ikinci sütun operasyonel etkinliği, üçüncü sütun ise finansal etkinliği göstermektedir. Dördüncü sütunda ise genel etkinlik puanları gösterilmiştir. Dikkat edilirse genel etkinlik puanı operasyonel ve finansal etkinlik puanlarının çarpımına eşittir.

Genel etkinlik skorlarına bakıldığında hiçbir limanın tam etkin olmadığı görülmektedir. Finansal etkinsizliğine rağmen tek aşamalı VZA’da etkin çıkan Akport ve İzmir limanları, iki aşamalı VZA uygulandığında daha düşük etkinlik skoru almıştır (sırasıyla 0,32 ve 0,60). Yani ilişkisel iki aşamalı VZA modelinde bir limanın tam etkin olabilmesi için, iki alt sürecin de tam etkin olması gerekmektedir. Eğer alt süreçlerden birisinde bir etkinsizlik söz konusuysa, ilgili karar biriminin genel etkinliği düşük olmaktadır. Böylelikle, birbirini takip eden süreçler söz konusu olduğunda ilişkisel iki aşamalı VZA’nın liman etkinliklerini daha sağlıklı bir şekilde değerlendirmeye imkân verdiği görülmüştür. Bununla beraber İzmir Limanı, tüm limanlar içerisinde 0,60 puanla en yüksek etkinliğe sahip liman olarak belirlenmiştir. Akport ise en yüksek etkinlik puanına sahip ikinci limandır.

Tablo 3. İki Aşamalı VZA Sonuçları

Limanlar	Operasyonel Etkinlik	Finansal Etkinlik	Genel Etkinlik
Akport	1,00	0,32	0,32
Hopaport	0,35	0,28	0,10
Giresun	0,44	0,29	0,13
Ordu	1,00	0,29	0,29
Riport	0,51	0,28	0,14
Alport	0,67	0,33	0,22
Dikili	1,00	0,18	0,18
Bandırma	1,00	0,10	0,10
Haydarpaşa	0,26	1,00	0,26
İzmir	1,00	0,60	0,60
Samsun	0,48	0,07	0,03
Derince	0,75	0,27	0,20
İskenderun	0,43	0,23	0,10
<i>Ortalama</i>	0,68	0,33	0,21

İlişkisel iki aşamalı VZA modeli, liman etkinliklerini karşılaştırmalı olarak ölçmenin yanı sıra liman etkinsizliğinin kaynağını göstermeye de yardımcı olmaktadır. Örneğin genel etkinlik puanı 0,60 olan İzmir

Limanı'na bakıldığında, etkinsizliğinin ikinci aşamadan kaynaklandığı görülmektedir. İzmir Limanı finansal performansını iyileştirdiği takdirde genel etkinlik puanı da yükselecektir. Akport, Ordu, Dikili ve Bandırma limanları için de aynı durum geçerlidir. Haydarpaşa Limanı'nın etkinsizliği ise birinci aşamadan kaynaklanmaktadır. Haydarpaşa Limanı'ndaki altyapı ve üstyapı kaynakları daha etkin bir şekilde kullanılarak genel etkinlik puanı artırılabilir.

Diğer limanlar ise (Hopaport, Giresun, Riport, Alport, Samsun, Derince ve İskenderun) her iki aşamada da etkinsizdir. Dolayısıyla bu limanların her iki aşamayı da iyileştirmesi gerekmektedir. Örneğin Derince limanının operasyonel etkinliği 0,75, finansal etkinliği ise 0,27'dir. Buna göre Derince limanının genel etkinsizliğinin asıl kaynağının ikinci aşamadan kaynaklandığı görülmektedir. Ancak bu limanının tam etkin olabilmesi için sadece ikinci aşamayı değil, birinci aşamayı da iyileştirmesi gerekmektedir. Analiz sonuçlarına göre birinci aşamayı %25, ikinci aşamayı ise %73 iyileştirdiği takdirde etkin bir liman olacaktır. Benzer yorumları ve değerlendirmeleri diğer limanlar için de yapmak mümkündür.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu araştırmada liman etkinliğini ölçmek amacıyla iki aşamalı bir model önerilmiştir. Birinci aşama limanların yük elleçlemek ve limana gelen gemilere hizmet sunmak için kullandığı kaynakların etkinliğini ölçmeyi amaçlayan operasyonel etkinlik, ikinci aşama ise elleçlenen yüklerden ve hizmet verilen gemilerden optimal gelir elde edilip edilmediğini sorgulayan finansal etkinliktir. Operasyonel etkinliğin çıktısı olan yük miktarı ve gemi sayısı, finansal etkinlik modelinin girdisini oluşturmaktadır. İki model arasındaki bu ilişki dikkate alınarak, liman etkinlik ölçüm modelinde Kao ve Hwang

(2008) tarafından geliştirilen “ilişkisel iki aşamalı VZA” yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen bu model, 13 liman üzerinde uygulanmış ve sonuçları gösterilmiştir.

Analizler, ilişkisel iki aşamalı VZA yaklaşımının liman etkinliği ölçümünde başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermiş ve geleneksel tek aşamalı VZA yaklaşımına göre daha sağlıklı sonuçlar ürettiğini ortaya koymuştur. Buna göre, bir etkinlik boyutunda başarılı ancak diğerinde başarısız olan limanlar geleneksel tek aşamalı VZA'da etkin olarak değerlendirilmişse de, ilişkisel iki aşamalı VZA bu limanları elimine etmiştir. Böylelikle, tek aşamalı VZA modelinde Akport ve İzmir limanları finansal etkinsizliklerine rağmen etkin olarak kabul edilirken, iki aşamalı VZA modelinde bu limanların finansal başarısızlıklarından ötürü etkinlik puanları düşmüştür. Böylelikle daha gerçekçi ve sağlıklı sonuçlar elde edilmiştir.

Ayrıca, önerilen ilişkisel iki aşamalı VZA modeli liman etkinsizliğinin hangi aşamadan kaynaklandığını da göstermekte ve liman yöneticilerinin öncelik vermesi gereken alanları belirlemektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde analiz sonuçları, limanların ortalama operasyonel etkinliğinin ortalama finansal etkinlikten daha yüksek olduğunu göstermektedir. Buna göre, analize dâhil olan limanlar yük elleçleme ve gemilere hizmet verme aşamasında çeşitli altyapı ve üstyapı kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanırken, elleçlenen bu yüklerden ve hizmet verilen gemilerden gelir elde etme bakımından daha zayıf bir performans sergilemektedirler. Finansal etkinliğin düşük olması, genel etkinsizliğin en büyük kaynağı olmuştur. Dolayısıyla, liman performansının iyileştirilebilmesi için liman yöneticilerinin ilk olarak finansal etkinliğe odaklanması gerektiği tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçların hem literatüre hem de uygulamaya katkı sunması beklenmektedir.

Kaynakça

- Ateş, A. ve Esmer, S. (2014). “Farklı Yöntemler ile Türk Konteyner Limanlarının Verimliliği”. Verimlilik Dergisi, 2014/1: 61-76.
- Ateş, A., Esmer, S., Çakır, E. ve Balcı, K. (2013), “Karadeniz Konteyner Terminallerinin Göreceli Etkinlik Analizi”. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi. 5(1): 1-22.
- Banker, R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”. Management Science. 30(9): 1078-1092
- Barros, C.P. (2006). “A Benchmark Analysis of Italian Seaports Using Data Envelopment Analysis”. Maritime Economics & Logistics. 8: 347–365.
- Barros, C.P. and Athanassiou, M. (2004). “Efficiency in European Seaports with DEA: Evidence from Greece and Portugal”. Maritime Economics & Logistics. 6: 122–140.
- Bayar, S. (2005). “Veri Zarflama Analizi Kullanılarak Liman Verimliliğinin Ölçülmesi: Türk Limanlarından Bir Örnek”. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, İstanbul.
- Baysal, M.E., Uygur, M. ve Toklu, B. (2004). “Veri Zarflama Analizi ile TCDD Limanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Çalışması”. Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi. 19(4): 437-442.
- Bircan, K. (2014). Kruzaziyer Yolcu Taşımacılığı Kapsamında Kruzaziyer Limanların Etkinliğinin Değerlendirilmesi: Alternatif Liman Önerisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). “Measuring Efficiency of Decision Making Units”, European Journal of Operational Research. 2, 429-444.
- Chen, Y., Cook, W.D., Li, N. ve Zhu, J. (2009). “Additive efficiency decomposition in two-stage DEA”, European Journal of Operational Research. 196, 1170-1176.
- Chen, Y ve Zhu, J. (2004). “Measuring Information Technology's Indirect Impact on Firm Performance”. Information Technology and Management. 5, 9–22.
- Cheon, SH, Dowall, D.E. ve Song, D.W. (2010). “Evaluating Impacts of Institutional Reforms on Port Efficiency Changes: Ownership, Corporate Structure, and Total Factor Productivity Changes of World Container Ports”. Transportation Research Part E. 46: 546–561.

- Cullinane, K., Ji, P. ve Wang, T.F. (2005). "The Relationship between Privatization and DEA Estimates of Efficiency in the Container Port Industry". *Journal of Economics and Business*. 57: 433–462.
- Çağlar, V. (2012). *Türk Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.
- Güner, S. (2015). "Investigating infrastructure, superstructure, operating and financial efficiency in the management of Turkish seaports using data envelopment analysis". *Transport Policy*. 40: 36-4.
- Güner, S., Coşkun, E. ve Taşkın, K. (2014). "Liman Özelleştirmelerinin Operasyonel Etkinlik Üzerindeki Etkisi: Türk Limanları Üzerinde Dönemsel Bir Çalışma". *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*. 43: 218-236.
- Güner, S. ve Coşkun, E. (2014). "An Examination of Land and Equipment Efficiency of Ports". 12th International Logistics and Supply Chain Congress, Bildiriler Kitabı, s. 559-565, İstanbul.
- Güner, S. ve Coşkun, E. (2013). "Efficiency Measurement of Passenger Ports with Data Envelopment Analysis and Utilizing Malmquist Productivity Index". 11th International Conference on Data Envelopment Analysis, Bildiriler Kitabı, s. 147-153, Samsun.
- Güner, S., Taşkın, K. ve Coşkun, E. (2012). "Evaluating the Operational Efficiencies of Turkish Passenger Ports with Data Envelopment Analysis". 10th International Logistics & Supply Chain Management Congress, Bildiriler Kitabı, s. 406-412, İstanbul.
- Hung, S.W., Lu, W.M. ve Wang, T.P. (2010). "Benchmarking the Operating Efficiency of Asia Container Ports", *European Journal of Operational Research*. 203: 706–713.
- Kao, C. ve Hwang, S.N. (2008). "Efficiency Decomposition in Two-Stage Data Envelopment Analysis: An Application to Non-Life Insurance Companies in Taiwan". *European Journal of Operational Research*. 185, 418–429.
- Karlaftis, M.G., ve Tsamboulas, D. (2012). "Efficiency Measurement in Public Transport: Are Findings Specification Sensitive?". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 46: 392-402
- Panayides, P.M., Lambertides, N. ve Savva, C.S. (2011). "The Relative Efficiency of Shipping Companies". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 47, 681–694.
- Roll, Y. ve Hayuth, Y. (1993). "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA)", *Maritime Policy & Management*. 20(2): 153-161.
- Seiford, L.M. ve Zhu, J. (1999). "Profitability and Marketability of the Top 55 U.S. Commercial Banks". *Management Science*. 45(9), 1270-1288.
- Shan, J., Yu, M. ve Lee, C.Y. (2014). "An Empirical Investigation of the Seaport's Economic Impact: Evidence from Major Ports in China". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 69: 41–53
- Tongzon, J. (2001). "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 35: 107-122.
- Tongzon, J. (1995). "Determinants of Port Performance and Efficiency". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 29(3): 245-252
- Wanke, P.F. (2013). "Physical infrastructure and shipment consolidation efficiency drivers in Brazilian ports: A two-stage network-DEA approach". *Transport Policy*. 29: 145–153
- Wu, Y.C.J. ve Goh, M. (2010). "Container Port Efficiency in Emerging and More Advanced Markets", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 46: 1030–1042.
- Yun, L., Ji, C., Li, Q. ve Li, D. (2011). "Comprehensive efficiency measurement of port logistics: study based on DEA two-stage relative evaluation". *Journal of System and Management Sciences*. 1(4): 1-18.



2015.03.02.ECON.02

THE EXAMINATION OF RELATIONSHIP BETWEEN FOREIGN DIRECT INVESTMENTS AND CARBONDIOXIDE EMISSIONS IN TURKEY WITH ARDL APPROACH

Muammer YAYLALI*

Ebul Muhsin DOĞAN†

Vildan Merve YILMAZ‡

Zeynep KARACA§

Prof.Dr., Erzurum Technical University, Erzurum

Assoc. Prof. Dr., Atatürk University, Erzurum

Research Assistan, Erzurum Technical University, Erzurum

Research Assistant, Erzurum Technical University, Erzurum

Received: 16 September 2015

Accepted: 23 December 2015

Abstract

Environment is one of the gripping topic with the importance of the protection of it for future generations. In recent years, greenhouse gas emissions are important threat for environment. Within greenhouse gas emissions, CO₂ emissions takes big share. On the other hand, in the global World capital movements gain speed and foreign direct investment inflows gradually increase in Turkey. To this respect, we need to think about possible effects of these investments to environmental quality of country. In this sense, this paper examines the relationship between foreign direct investment inflows and CO₂ emissions for Turkey. The study covers 1980-2011 period. The Bounds test developed by Pesaran et al. (2001) is applied to investigate the relationship between series for given period of time. According to bounds test results, there is no cointegration relationship between foreign direct investment inflows and CO₂ series for Turkey. In other words, in the long term fdi inflows and CO₂ emissions do not move together.

Keywords: Foreign Direct Investments, ARDL, Carbondioxide emissions.

Jel Code: E00

TÜRKİYE'DE DOĞRUDAN YABANCI YATIRIMLAR İLE KARBONDİOKSİT EMİSYONU ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARDL YAKLAŞIMI İLE ARAŞTIRILMASI

Özet

Çevre, gelecek nesiller için korunmasının önemli olması bakımından ilgi çekici konulardan biridir. Son yıllarda, sera gazı emisyonları çevre için önemli bir tehdittir. Sera gazı emisyonları içinde de karbondioksit emisyonları büyük pay almaktadır. Diğer taraftan, küresel dünyada sermaye hareketleri hız kazanmaktadır ve Türkiye'ye gelen doğrudan yabancı yatırımlar giderek artmaktadır. Bu noktada, bu yatırımların ülkenin çevresel kalitesine olası etkileri hakkında düşünmemiz gerekir. Bu bağlamda, bu çalışma Türkiye için doğrudan yabancı yatırım akımları ile karbondioksit emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Çalışma 1980-2011 periyodunu kapsamaktadır. Verilen zaman dilimi için seriler arasındaki ilişkinin incelenmesinde Pesaran vd (2001) tarafından geliştirilen Sınır testi kullanılmıştır. Sınır testi

* muammer.yaylali@erzurum.edu.tr (Corresponding author)

† muhsindogan@erzurum.edu.tr

‡ vildan.yilmaz@erzurum.edu.tr

§ zeynep.karaca@erzurum.edu.tr

sonuçlarına göre, Türkiye için doğrudan yabancı yatırım akımları ile CO2 serileri arasında eşbütünlük ilişkisi yoktur. Diğer bir deyişle, uzun dönemde fdi akımları ile CO2 emisyonları birlikte hareket etmezler.

*Anahtar Kelimeler : Doğrudan Yabancı Yatırım, ARDL, Karbondioksit emisyonları
Jel Kodu : E00*

1. GİRİŞ

Ekonomik kalkınma süreci, insan emeğinin verimliliğini ve etkinliğini arttırmak üzere daha fazla enerji kullanılması sürecidir. Günümüzde, dünya sınavi üretiminin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan (kömür, petrol ve doğal gaz) elde edilmektedir. Bu yakıtlar kullanıldıklarında, atmosfere, diğer maddelerin yanı sıra, karbondioksit gazı (CO₂) salarlar. Fosil yakıtların kullanılmasıyla salınan karbondioksitin yaklaşık yarısı atmosferde bilfiil tespit edilmiş olup; geri kalanın ise başta deniz sularının yüzeysel tabakaları tarafından emildiği tahmin edilmektedir (Sarısoy ve Yıldız, 2013: 1).

Günümüzde insanlığın karşı karşıya kaldığı en büyük ve en önemli sorunlardan biri çevre sorunlarıdır (Hayrulloğlu, 2012: 2). Özellikle 20. yüzyılda gerçekleşen sanayileşme ve hızlı teknolojik gelişme ile üretimin ve tüketimin hızla artması sonucu; hava, su ve toprak hızla kirlenmeye, doğal kaynaklar bozulmaya ve tükenmeye başlamış çevrenin kendini toparlayabilme gücü zarar görmüştür (Mutlu, 2006: 62). Yaşanan çevresel sorunların en önemlilerinden birisi kuşkusuz küresel ısınmadır. Küresel ısınmaya bağlı olarak yaşanan iklim değişikliğine neden olan çok sayıda faktör olmakla birlikte, bu faktörler arasında sera gazı önemli bir paya sahiptir (Hayrulloğlu, 2012: 2). Sera gazları içerisindeki en büyük pay ise %75-80 ile karbondioksite aittir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011:5).

Gelişmiş ülkeler egemen konumlarını sürdürmek, gelişmekte olan ülkeler ise, gelişmiş ülkelere yetişebilmek için tüm güçleri ile kalkınma, üretme, tüketme yarışına, çevrenin bozulması pahasına, girmişlerdir. Küreselleşme sürecinin başlaması ile uluslararası ticareti kısıtlayan mekanizmaların kaldırılması, sermayenin akışkanlığı vb. ile ulusal ve özellikle çok uluslu şirketler ucuz işgücü nedeniyle üretimlerini geliştirmekte olan ülkelere kaydırmışlardır. Ancak, işgücü maliyeti, şirketlerin üretim kararlarını etkileyecek faktörlerden sadece birisidir. Bu şirketlerin büyük kısmı, doğal kaynakların çıkartılması, işlenmesi ve imalat sektörlerinde yoğunlaşmışlardır. Başlıca faaliyet alanları petro-kimya, otomotiv, elektronik, lastik, ilaç, tütün ve gıda maddeleri üretimi olarak sayılabilir. Bu sektörler en çok çevre sorununa neden olan sektörlerdir. Gelişmekte olan ülkelerin temel hedefi kalkınmadır; çevre politikaları uygulayarak bu hedefi tehlikeye atmaktan ve yabancı sermayeyi kaçırmaktan kaçınmaktadırlar. Bu durum, kirli endüstrilerin gelişmiş ülkelere

kaymasına neden olmaktadır (Mutlu, 2006: 62). Ayrıca yüksek büyüme oranı da çevresel kirliliğe neden olacağından, çevre kirliliğini ele alan politikalar maliyetleri azaltmak ve yatırımların etkinliğini arttırmak için bazı önceliklerin belirlenmesini gerektirir (Halıcıoğlu, 2009: 1163).

Ortaya çıkan tüm bu olumsuzluklar neticesinde dünya genelinde bir farkındalık oluşmuş ve ülkeler acil önlem alma konusunda harekete geçmişlerdir. Bu aşamada iklim değişikliğine yol açan emisyonların azaltılması konusunda atılan en önemli adımlardan biri “Kyoto Protokolü”dür. Bu protokol, Birleşmiş Milletler tarafından hazırlanan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin, sözleşmenin amaç ve ilkelerinin uygulanıp geliştirilmesi amacıyla her yıl düzenlediği “Taraflar Konferansı’nın” üçüncü ayağında imzalanan protokoldür (Güneş, 2010: 60-61).

2. DOĞRUDAN YABANCI YATIRIM VE KARBON EMİSYONU

Ekonomik gelişme artık küreseldir (Pao ve Tsai, 2011: 685). Küreselleşme ile birlikte doğrudan yabancı yatırım, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme ve verimlilik için önemli bir teşvik edici unsur haline gelmiştir (Tintin, 2013: 287). Doğrudan yabancı yatırımın ekonomik büyümenin artmasında çok önemli olduğuna inanılır, çünkü doğrudan yabancı yatırım sermaye, teknoloji ve uzmanlığı ev sahibi ülkeye getirir (Almfraj, vd., 2014: 1040). Doğrudan yabancı yatırımlar geliştirmekte olan ülkeler tarafından ileri teknolojilere erişim için bir yoldur ve doğrudan yabancı yatırım teknoloji transfer edilmesinde önemli bir araçtır ve büyümeye yerli yatırımdan daha çok katkı sağlar (Borensztein vd., 1998: 116-117).

Ancak bu ekonomik ilişkiler ve ticaret aktiviteleri devam ederken çevre kirliliği bilim adamlarının odağında olmuştur (Ren vd., 2014: 123-124) ve bu durumun arkasına gizlenen çevresel problemler gözden kaçırılmamalıdır (Pao ve Tsai, 2011: 685). Çağımızın en önemli çevresel problemi küresel ısınmadır. Karbondioksit, küresel ısınmaya neden olan ana sera gazı olarak değerlendirilir ve karbondioksit salınımının düzenlenmesi hükümetlerarası önemli bir konudur (Pao ve Tsai, 2011: 685). Çin Ticaret Bakanlığı’nın açıkladığı rapora göre, Çin 2010 yılında doğrudan yabancı yatırım alan ikinci ülke olmuştur. Bununla birlikte karbon emisyonu da bu ekonomik büyümeye eşlik etmiştir (Ren vd., 2014: 123-124). Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arttıkça karbon emisyonu da artmaktadır (Shahbaz vd.,

2013: 115). Gelişmekte olan ülkeler, karbondioksit salınımlarıyla doğal olarak çevresel kütüleşme sıkıntısı çekmektedirler. Aynı zamanda gelişmekte olan ülkelere doğrudan yabancı yatırım girişi ile bu ülkeler çevresel olarak daha da kirli hale gelmektedir. Bu konular dünya genelinde yoğun ve şiddetli tartışmalara neden olmuştur (Ren vd., 2014: 123).

Gerçekten, gelişmekte olan ülkelere doğrudan yabancı yatırım girişinin artması, herhangi bir çevresel etkiye sebep olacak mı gibi önemli bir soruyu akla getirir. Ancak, doğrudan yabancı yatırımın rolü ters te olabilir, doğrudan yabancı yatırım düşük karbon teknolojisi getirdiğinde veya doğrudan yabancı yatırımlar hizmet sektörüne odaklandığında karbon emisyonu bir bütün olarak azalır (Chandran ve Tang, 2013: 446). Doğrudan yabancı yatırım, temiz enerji kaynaklarının gelişmesini ve enerji etkinliğini artırmak için, yeni teknolojilerin gelişmesine ve yeni yeşil büyüme modellerine yardımcı olabilir. Aynı zamanda doğrudan yabancı yatırım ülkelerin çevresel problemleri ele alma yeteneklerini artırır ve işletmeye, topluma ve hükümete fayda sağlayan teknolojilerin ve yeşil ürünlerin icat edilmesine yol açar. Bu yatırımlar ile birlikte gelen teknolojik ilerleme temiz enerji kullanımında hızlı bir ilerlemeye ve temiz enerji kaynaklarının gelişmesine yol açabilir, bunun sonucunda da karbon emisyonu azalır (Lee, 2013: 488).

3. LİTERATÜR

Acharyya (2009), Hindistan'da 1980-2003 yıllarına ait verileri kullanarak doğrudan yabancı yatırım ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sonuçta doğrudan yabancı yatırım ile ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasında istatistiki bakımdan anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

Blanco vd. (2011), 1980-2007 yıllarına ait verilerle 18 Latin Amerika ülkesinde doğrudan yabancı yatırım ve karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada panel veri analizi ve Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Sonuçta doğrudan yabancı yatırım ile karbon emisyonu arasında nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Al-mulali (2012), 12 Orta Doğu ülkesinde (Bahreyn, Mısır, İran, Ürdün, Kuveyt, Lübnan, Umman, Suudi Arabistan, Katar, Suriye, Birleşik Arap Emirlikleri ve Yemen) karbon emisyonunu etkileyen temel faktörleri araştırmıştır. 1990-2009 yıllarını kapsayan veri setinde panel veri analizi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toplam enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırım girişi, gayri safi yurt içi hasıla ve toplam ticaret incelenen ülkelerde karbon emisyonunu artıran önemli faktörlerdir.

Al-mulali ve Sab (2012), 19 ülkede ekonomik ve finansal gelişmede enerji tüketiminin etkisini araştırmışlardır. 1980-2008 yıllarına ait verilerle panel model tahmin edilmiştir. Sonuçlara göre, enerji tüketimi

bu ülkelerde finansal ve ekonomik gelişmeyi etkilemektedir. Bununla beraber, bu ülkelerdeki yüksek gelişim karbon emisyonunu da artırmaktadır.

Zeng (2012), 1990-2005 yıllarına ait verilerle doğrudan yabancı yatırımların 48 ülkede çevresel etkilerini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, doğrudan yabancı yatırım, yatırım alan ülkede çevrenin bilinçli kullanılma seviyesini artıracaktır.

Mahmood ve Chaudhary (2012), doğrudan yabancı yatırım ve nüfus yoğunluğunun karbon emisyonu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 1972-2005 yıllarına ait veriler kullanılmış ve kısa ve uzun dönemli ilişkinin ortaya konulması için ARDL sınır testi yapılmıştır. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişki bulunmuş fakat kısa dönemli ilişki bulunamamıştır. Elde edilen sonuçta göre, doğrudan yabancı yatırım ve nüfus yoğunluğu karbon emisyonu üzerinde pozitif etkiye sahiptir.

Lee (2013), 19 G20 ülkesine ait 1971-2009 verilerini kullanarak doğrudan yabancı yatırım girişinin temiz enerji kullanımı, karbon emisyonu ve ekonomik büyüme üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yapılan çalışmada panel veri analizi ve eşbütünleşme testleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, doğrudan yabancı yatırım ekonomik büyüme üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Fakat doğrudan yabancı yatırım karbon emisyonunun artış etkisini sınırlandırmaktadır. Doğrudan yabancı yatırım ile temiz enerji kullanımı arasında ise kesin bir ilişki bulunamamıştır.

4. VERİ SETİ

Çalışmada kullanılan model aşağıdaki gibidir;

$$co2_t = \alpha_0 + \alpha_1 fdi_t + \varepsilon_t$$

$co2_t$: Karbondioksit emisyonlarıdır. Milyon metrik ton birimiyle ifade edilmiştir.

fdi_t : Türkiye'ye yapılan doğrudan yabancı yatırım girişlerini temsil etmektedir.

Kullanılan veriler 1980 – 2011 dönemi Türkiye'ye ait yıllık verilerdir. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde karbondioksit emisyonu $co2$, doğrudan yabancı yatırım girişleri fdi ile temsil edilecektir.

5. YÖNTEM VE AMPİRİK ÇALIŞMA

Zaman serileriyle çalışırken ilk olarak durağanlık kavramı karşımıza çıkmaktadır. Zira Newbold ve Granger (1974)'e göre çalışılan serilerin durağan olmaması sahte regresyon problemine neden olabilir. Bu da sonuçların gerçek dışı olması demektir. Gujarati (1995) zaman serilerinde durağanlığı, zaman içinde varyansın ve ortalamanın sabit olması ve gecikmeli iki zaman periyodundaki değişkenlerin kovaryansının değişkenler

arasındaki gecikmeye bağlı olup zamana bağlı olmaması şeklinde açıklamıştır. Bu bağlamda, çalışmanın ilk aşamasını durağanlık testleri oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan doğrudan yabancı yatırımlar ve karbondioksit emisyonları serilerinin durağanlık sınamaları Genişletilmiş Dickey – Fuller testi kullanılarak yapılmıştır. Tablo 1 birim kök testi sonuçlarını vermektedir.

Tablo 1: ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Düzyey	Fark
FDI	-10.846	-
CO2	-2.762	-5.749
Anlamlılık Düzeyi	Kritik Değerler	
% 1	-4.284	-4.296
% 5	-3.562	-3.568
% 10	-3.215	-3.218

Tablo 1'deki sonuçlara göre FDI serisi düzeyde durağan iken, CO2 serisi düzeyde durağan olmayıp birinci farkı alındığında durağan hale gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, FDI serisi I(0), CO2 serisi I(1)'dir.

Değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde kullanılan yöntemlerden bir tanesi eş bütünleşme yaklaşımıdır. Engle ve Granger (1987) ve Phillips ve Quliaris (1990) 'in kullandığı iki – aşamalı hataya – dayalı yaklaşım ve Johansen (1991, 1995) yaklaşımı eş bütünleşme için kullanılmaktadır. Ancak bu yaklaşımlar çalışılan serilerin I(1) olmasını gerektirmektedir (Pesaran, Shin, Smith; 2001). Bu çalışmada da olduğu gibi farklı eş bütünleşme derecelerine sahip serilerin incelenmesine imkân vermeyen bu yöntemler yanında Pesaran vd. (2001) eş bütünleşme derecelerini dikkate almayı gerektirmeyen ARDL sınır testi yaklaşımını geliştirmişlerdir. Sınır testi yaklaşımında serilerin I(2) olması dışında I(1) ya da I(0) olmasına bakılmaksızın eş bütünleşme testi uygulanabilmektedir (Pesaran vd., 2001:290). Sınır testi yaklaşımının diğer bir avantajı da küçük örneklemelere uygulanabilmesidir. Az sayıda gözlem olduğu durumlarda sınır testi yaklaşımı Engle – Granger ve Johansen eş bütünleşme yaklaşımlarından daha iyi sonuç vermektedir (Pamuk ve Bektaş, 2014).

ARDL sınır testi yaklaşımı, eş bütünleşmenin tespiti, uzun dönem ARDL modelinin kurulması ve kısa dönem ARDL modelinin kurulması olmak üzere üç ana kısımdan oluşur.

Sınır testi yaklaşımı için öncelikle kısıtlanmamış hata düzeltme modeli kurulur (unrestricted error correction model, UECM). Bu modelin bağımlı ve bağımsız değişkenlerinin birinci gecikmelerine Wald testi yapılarak elde edilen F-istatistiği Pesaran vd. (2001)'deki alt ve üst kritik değerleriyle karşılaştırılır. Eğer elde edilen F-istatistiği alt kritik değerinden altındaysa seriler arasında eş bütünleşme ilişkisinin olmadığı sonucuna ulaşılır.

Hesaplanan F-istatistiği alt ve üst kritik değerler arasındaysa sınır testi yaklaşımı çerçevesinde bir yorum yapılamaz, diğer eş bütünleşme testlerinin uygulanması gerekir. Son olarak hesaplanan F-istatistiği üst kritik değerden fazlaysa seriler arasında eş bütünleşme ilişkisinin var olduğu sonucuna ulaşılır. Başka bir deyişle bu değişkenler uzun dönemde birlikte hareket ederler.

İlk aşamada seriler arasında eş bütünleşmenin varlığı tespit edilmişse, ikinci adım olarak uzun dönem ARDL modeli kurulur. Bu model uzun dönem ilişkiyi belirlememize olanak verir. Uzun dönem ARDL modelinin kurulması için öncelikle gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için de Akaike, Schwarz ve Hannan-Quinn gibi kritik değerlerden yararlanılır (Karagöl, Erbaykal, Ertuğrul, 2007). En küçük kritik değeri sağlayan gecikme uzunluğu belirlenir ancak seçilen kritik değerin en küçük olduğu gecikme uzunluğu ile oluşturulan modelin otokorelasyon problemi içermemesi gerekir. Bu durumun tespiti için LM testi uygulanır. Test sonucunda otokorelasyon tespit edilmişse ikinci en küçük kritik değeri sağlayan gecikme uzunluğu seçilir ve tekrar LM testi uygulanır. Ve sonuçta otokorelasyon probleminin bulunmadığı en küçük kritik değeri sağlayan gecikme uzunluğu ile model kurulur.

Son adımda uzun dönem ilişkisinden elde edilen hata terimlerinin bir dönem gecikmeli değerleri de dâhil edilerek kısa dönem ilişkisinin tespiti için ARDL yaklaşımına dayalı hata düzeltme modeli kurulur.

Çalışmamızda sınır testinin uygulanması için kısıtlanmamış hata düzeltme modeli aşağıdaki gibi kurulmuştur:

$$\Delta co2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta co2_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{2i} \Delta fdi_{t-i} + \alpha_3 co2_{t-1} + \alpha_4 fdi_{t-1} + \varepsilon_t$$

Modelde m gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Çalışmamızda Schwarz kriteri kullanılarak en küçük kritik değeri sağlayan gecikme uzunluğunun 1 olduğu belirlenmiştir. LM testi uygulanarak otokorelasyonun olmadığı tespit edilmiş ve 1 gecikme uzunluğunun kullanılması uygun görülmüştür. Seriler arasında eş bütünleşme ilişkisinin var olup olmadığının belirlenmesi için uygulanan sınır testi sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2: Sınır Testi Sonuçları

k	F istatistiği	Anlam Düzeyi	Alt Sınır	Üst Sınır
1	3.077	% 1	6.84	7.84
		%5	4.94	5.73
		%10	4.04	4.78

Kritik değerler Pesaran vd. (2001)'den alınmıştır.

Tablo 2’de görüldüğü üzere hesaplanan F istatistiği Pesaran’ın alt kritik değerinden küçük olduğu için seriler arasında eş bütünleşme ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Seriler arasında eş bütünleşme ilişkisi bulunmadığından diğer aşamalara geçilmemiştir.

1980 – 2011 yılları arasındaki verilere dayanarak yapılan analiz sonuçlarına göre Türkiye’de doğrudan yabancı yatırım girişleri ve karbondioksit emisyonları arasında bir ilişki bulunmamıştır.

6. SONUÇ

Çevre bir küresel kamusal maldır. Çevrenin kirlenmesi, bozulması, tüketilmesi gibi problemlerin çözümü de küresel maldır ve ortak hareket edilmesini gerektirir. Bu bağlamda çevreyi etkilemesi muhtemel olan faktörler oldukça ilgi çekici bir araştırma konusudur.

Bu çalışmada Türkiye için 1980 – 2011 dönemine ait yıllık karbondioksit emisyonları ve doğrudan yabancı yatırım girişleri kullanılarak, ülkeye yapılan doğrudan yabancı yatırım girişlerinin karbondioksit emisyonu üzerinde bir etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

References

- Acharyya, Joysri (2009), “FDI, Growth and The Environment: Evidence From India on CO2 Emission During The Last Two Decades”, *Journal of Economic Development*, Volume 34, Number 1, 43-58.
- Almfraji, Mohammed Amin, Almsafir, Mahmoud Khalid, Yao, Liu (2014), “Economic Growth and Foreign Direct Investment Inflows: The Case of Qatar”, *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 109, 1040-1045.
- Al-mulali, Usama (2012), “Factors Affecting CO2 Emission in the Middle East: A Panel Data Analysis”, *Energy*, 44, 564-569.
- Al-mulali, Usama, Sab, Che Normee Binti Che (2012), “The Impact of Energy Consumption and CO2 Emission on the Economic and Financial Development in 19 Selected Countries”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 4365-4369.
- Blanco, Luisa, Gonzalez, Fidel, Ruiz, Isabel (2011), “The Impact of FDI on CO2 Emissions in Latin America”, *School of Public Policy Working Papers*.
- Borensztein, E., Gregorio, J. De, Lee, J-W. (1998), “How Does Foreign Direct Investment Affect Economic Growth?”, *Journal of International Economics*, 45, 115-135.
- Chandran, V.G.R., Tang, Chor Foon (2013), “The Impacts of Transport Energy Consumption, Foreign Direct Investment and Income on CO2 Emissions in ASEAN-5 Economies”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 445-453.
- Engle, R.F., Granger, C.W.J. (1987), “Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing”, *Econometrica*, Vol. 55, No 2, 251-276.
- Granger, C.W.J., Newbold, P. (1974), “Spurious Regressions in Econometrics”, *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.
- Gujarati, D.N., (1995), *Basic Econometrics*, New York, McGraw-Hill.
- Güneş, Ahmet M. (2010), “İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nden Kyoto Protokolü’ne Küresel Isınmaya Karşı Uluslararası Alandaki Hukuki Gelişmeler”, *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, Sayı 87, 43-89.

Kullanılan serilerden fdi düzeyde durağan iken co2 ancak birinci farkı alındığında durağan hale gelmektedir. Serilerin aynı dereceden bütünleşik olmamaları nedeniyle çalışmada Pesaran vd. (2001)’in geliştirdiği ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen F-istatistiğinin Pesaran vd. (2001)’deki kritik değerlerle karşılaştırılmasıyla, fdi ve co2 serileri arasında eş bütünleşme ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. 1980 – 2011 yılları arasındaki verilere dayanarak yapılan analiz sonuçlarına göre Türkiye’de doğrudan yabancı yatırım girişleri ve karbondioksit emisyonları arasında bir ilişki bulunmamıştır.

- Halcıoğlu, Ferda (2009), “An Econometric Study of CO2 Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey”, *Energy Policy*, 37, 1156-1164.
- Hayrullahoğlu, Betül (2012), “Çevresel Sorunlarla Mücadelede Karbon Vergisi”, *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, Cilt 4, No 2, 1-11.
- Johansen, S., (1991), “Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models”, *Econometrica*, Vol.59, No 6, 1551-1580.
- Johansen, S., (1995), “A Statistical Analysis of Cointegration for I(2) Variables”, *Econometric Theory*, 11, 25-59.
- Karagöl, E., Erbaykal, E., Ertuğrul, H.M., (2007), “Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8(1), 72-80.
- Lee, Jung Wan (2013), “The Contribution of Foreign Direct Investment to Clean Energy Use, Carbon Emissions and Economic Growth”, *Energy Policy*, 55, 483-489.
- Mahmood, Haider, Chaudhary, A.R. (2012), “FDI, Population Density and Carbon Dioxide Emissions: A Case Study of Pakistan”, *Iranica Journal of Energy&Environment*, 3(4), 355-361.
- Mutlu, Ayşegül (2006), “Küresel Kamusal Mallar Bağlamında Sağlık Hizmetleri ve Çevre Kirlenmesi: Üretim, Finansman ve Yönetim Sorunları”, *Maliye Dergisi*, Sayı 150, 53-78.
- Pamuk, M., Bektaş, H., (2014), “Türkiye’de Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı”, *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2, 2, 77-90.
- Pao, Hsiao-Tien, Tsai, Chung-Ming (2011), “Multivariate Granger Casualty Between CO2 Emissions, Energy Consumption, FDI (Foreign Direct Investment) and GDP (Gross Domestic Product): Evidence From a Panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India and China) Countries”, *Energy*, 36, 685-693.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R.J., (2001), “Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships”, *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.
- Phillips, P.C.B., Quliaris, S. (1990), “Asymptotic Properties of Residual Based Tests for Cointegration”, *Econometrica*, 58, 165-193.

- Ren, Shenggang, Yuan, Baolong, Ma, Xie, Chen, Xiaohong (2014), “International Trade, FDI (Foreign Direct Investment) and Embodied CO2 Emissions: A Case Study of Chinas Industrial Sectors”, *China Economic Review*, 28,123-134.
- Sarısoy, Sinan, Yıldız, Fazlı (2013), “Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Panel Veri Analizi”, *Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Metinleri*, 1-28.
- Shahbaz, Muhammad, Hye, Qazi Muhammad Adnan, Tiwari, Aviral Kumar, Leitão, Nuno Carlos (2013), “Economic Growth, Energy Consumption, Financial Development, International Trade and CO2 Emissions in Indonesia”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109-121.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Göstergeler 2010, <http://www.csb.gov.tr/gm/ced/index.php?Sayfa=sayfahtml&Id=1188>, Erişim: 16.05.2014.
- Tintin, Cem (2013), “The Determinants of Foreign Direct Investment Inflows in the Central and Eastern European Countries: The Importance of Institutions”, *Communist and Post-Communist Studies*, 46, 287-298.
- Zeng, Ka (2012), “Do Developing Countries Invest Up? The Environmental Effects of Foreign Direct Investment From Less-Developed Countries”, *World Development*, 40, 2221- 2233.



2015.03.02.MIS.02

FORESIGHTING FOR INFORMATION VALLEY IN TURKEY VIA COMPUTERIZED ARGUMENT DELPHI TECHNIQUE

Enes EMEN*

Ercan SALMAN†

Gönül SEKENDUR‡

Sadi Evren ŞEKER§

Management Information Systems Department, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur

Management Information Systems Department, Bartın University, Bartın

Management Information Systems Department, Bartın University, Bartın

Assoc. Prof. Dr., Department of Business, Istanbul Medeniyet University, Istanbul

Received: 04 October 2015

Accepted: 25 December 2015

Abstract

The aim of this study is an actual foresight analysis of Information Valley in Turkey and its social analysis through scientific methodologies and interpretation of its outcomes. Computerized Argument Delphi method has been utilized in order to collect the information from social networks with crowd sourcing approach. The method also supplies the dialectic discussion on the arguments of the contributors. Also the outcomes achieved from the computerized Argument Delphi has been aggregated and evaluation within the technique. This paper covers the details of the methodology, demography of the contributors, outcomes and the meaning of outcomes from the job clustering perspective.

Keywords: Job Clusters, Qualitative Forecasting Methods, Delphi Method, Crowd Sourcing, Social Networks, Management Information Systems, Information Valley.

Jel Code: C53

TÜRKİYE BİLİŞİM VADİSİNİN BİLGİSAYARLI ARGÜMAN DELFI YÖNTEMİ İLE ÖNGÖRÜLMESİ

Özet

Bu çalışmanın amacı, son yıllarda gündeme gelen Türkiye'nin "Bilişim Vadisi" projesinin toplumsal öngörü analizini bilimsel yöntemlerle yaparak çıkan sonuçların yorumlanmasıdır. Konu hakkında kitle kaynak kullanılarak sosyal ağlar üzerinde konuya ilgi duyan kişilerin diyalektik tartışmalarına imkan veren bilgisayarlı argüman Delfi yöntemi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar yine bu yöntemle birleştirilerek değerlendirilmiştir. Makale kapsamında, kullanılan metodun detayları, ulaşılan kişiler ve demografik yapısı, elde edilen bulgular ve bu bulguların iş kümeleri açısından anlamı açıklanacaktır.

Anahtar Kelimeler : İş Kümeleri, Kalitatif Tahmin Yöntemleri, Delfi Yöntemi, Kitle Kaynak, Sosyal Ağlar, Yönetim Bilişim Sistemleri, Bilişim Vadisi

Jel Kodu : C53

* enesemen@gmail.com (Corresponding author)

† ercanslman@gmail.com

‡ gonulsekendur@gmail.com

§ academic@sadievrenseker.com

1. GİRİŞ

“Tahmin”, uzun yıllar insanlığın merakını çeken güdülerden birisi olmuştur. Bilinmeyen tahmin edilmesi için yıllar boyu insanlık farklı yöntemler geliştirmiş ve bilmediği bilgiye ulaşmak için uğraşmıştır. Bugün en tutarlı ve etkili tahmin yöntemleri, bilimsel olarak istatistik çalışmaları altında yer almaktadır (Roten & Roten, 2013). Elde bulunan kısıtlı veri ile kesin olmayan ve tam olarak bilinmeyen bilgiye ulaşmak için çok farklı istatistiksel model geliştirilmiş ve bu modellerin başarısı, belirsiz olan bilgiye ulaşmadaki kesinlikle ölçülmüştür (Roberts & Bilderback, 1980).

Sosyal bilimlerde tahmin yöntemi, kalitatif ve kantitatif olarak iki grup altında incelenebilir. İlk grup altında çok farklı analitik çalışma, veya insan sezgi ve tecrübesine dayalı örnek bulunabilirken, ikinci yaklaşım ağırlıklı olarak istatistiksel çalışmalar tarafından şekillendirilmiştir (Neuman, 2009). İstatistiksel çalışmalar ise kendi arasında iki genel grup altında incelenebilir. Birinci grupta farklı kaynaklardan toplanan sayısal verilerin işlenmesi ve geliştirilen istatistiksel modeller üzerinden bir sonuca ulaşması söz konusu iken, çok fazla kullanıldığı için insanların fikirlerine dayanan ve görüşlerini istatistiksel olarak toplamayı amaçlayan anket çalışmalarını görmek mümkündür (Onwuegbuzie & Collins, 2007) (Seidman, 2005).

Günümüzde hızla gelişen kitle kaynak çalışmaları temellerini insanların topluluk halinde bulunduğu sosyal ağlar, bloglar veya wikiler gibi web 2.0 kaynaklarına dayandırmaktadır (Seker & Eryarsoy, 2015). Günümüzde artık milyonlarca insanın sanal dünyalarda oluşturduğu içerikler birer referans olarak kabul edilebilmekte (Seker, 2015b) ve bu kaynaklar üzerinden bilgi yönetimi yapılabilmektedir (Seker, 2014). Sosyal ağlar üzerinde yapılan bu çalışmalar ise yine istatistik bilimine dayanan veri madenciliği veya veri madenciliğinin birer alt çalışma grubu olan metin madenciliği, web madenciliği, sosyal medya analizi, duyu analizi (Seker & Al-Naami, 2013) veya doğal dil işleme gibi konular altında görülebilir (Seker, 2015e).

Kısacası kaynağını insan görüşlerine dayandıran çalışmalar yapısal olan anket çalışmaları veya yapısız metinlere dayanan veri madenciliği çalışmaları olarak iki ana grupta toplanabilir. Bu makalenin amacı, Türkiye’deki bilişim dünyası için önemli bir yere sahip olan “bilişim vadisi” projesi ile ilgili bir tahmin metodunu, literatürde yarı yapısal olan bilgisayarlı argüman delfi yöntemi ile tahmin etmek ve literatürde ilk kez 2015 yılında yer alan bu yeni yöntemi bir gerçek örnek üzerine uygulamaktır (Seker, 2015a).

Bu makalenin konusu olan akademik çalışmanın detaylarına ve sonuçlarına geçmeden önce, çalışmanın konusu olan bilişim vadisi projesinin detayları bu alt bölümde açıklanmıştır.

Bilişim vadisi projesi bir bilişim sektörünü hedeflemiş bir meslek kümeleme projesi olarak görülebilir. Dünyada çok sayıda örneği olan bilişim meslek kümelemesi projeleri genel olarak buldukları ülkenin ekonomisine doğrudan veya dolaylı ekonomik katkılar yapması ile tanınmaktadır (Acemoglu, 1997). Ayrıca iş kümeleri, işletmeler, devlet ve çeşitli enstitüler için paradigma kaymasına sebep olarak, yeni rollerin ortaya çıkmasına öncülük etmektedir. (Porter, 2000). Ancak günümüzde gelişen iletişim teknolojileri ve internetin etkisi ile iş kümelerinin anlamı da değişmiştir. Örneğin çıkış aşamasında mal sevkiyatı maliyetlerini azaltmak ve iş sürecinde bulunan tedarik zincirlerini iyileştirmek gibi amaçlar taşıyan iş kümeleri, sanal dünyada bir anlam ifade etmemektedir. Bunun yerine çıkış aşamasında yer alan rekabetçi ortam önemini arttırarak sürdürmüştür. Hatta rekabet dinamiklerini belirleyen Micheal Porter’a atfen iş kümelerine bazı kaynaklarda Porterian kümeler ismi bile verilmiştir (Peters & Hood, 2000). Bununla birlikte bilgi ekonomisine geçilen günümüzde iş kümelerinin anlamı daha çok iş süreçleri ile ilgili bilgi transferi, süreç paylaşımı ve en önemlisi çalışan hareketliliğini desteklemektedir (Fallick, Fleischman, & Rebitzer, 2006). Ayrıca iş kümelerinin motivasyon (Seker, 2015d) ve rekabet açısından etkileri ve finansal kaynaklara erişim avantajları da bulunmaktadır. Türkiye’de ise uzun yıllardır bilişim alanında bir iş kümelemesi hedeflenmektedir ancak bu konudaki planlar henüz somut bir uygulamaya dönüşmemiştir.

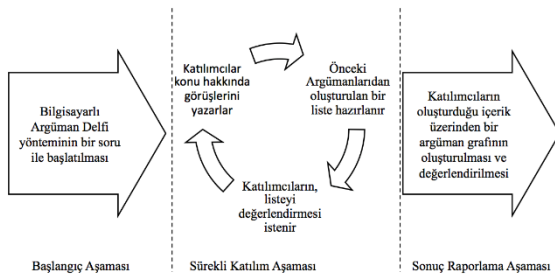
Bu çalışmanın ana amacı iş kümeleri ve bilişim dünyasındaki iş kümelemesi olmamakla birlikte bu alandaki çalışmalara da fayda sağlaması umulmaktadır. 1980’li yıllarda başlayan ileri teknoloji endüstri parkı (İTEP) projesi kapsamında Kurtköy/Pendik’te kamulaştırılan alanın yanında 1990’lı yıllarda savunma sanayii müsteşarlığı altında kurulan İTEP Daire Başkanlığı ve bütün bunlara paralel olarak bölgede kurulan Sabiha Gökçen Havalimanı, Türkiye’nin bu alanda yaptığı girişimlerden sadece bazılarıdır. 1992 yılında bölgeye çok yakın olan Gebze’de, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü kurularak bölgedeki akademik çalışma ihtiyacını karşılaması hedeflenmiştir. Ayrıca 2002 yılında kabul edilen “Teknoloji Bölgeleri Uygulama Yönetmeliğine” göre bölgede çok sayıda üniversite ve şirketin dâhil olduğu bir teknokent projesi başlatılmıştır. Yine Türkiye’nin bilimsel araştırmalarında öncü kurumlarından TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi adı altında bölgeye çok yakın bir konumda olan Gebze’de konumlandırılmış ve başta devlet kurumlarının projeleri

olmak üzere çok sayıda büyük ölçekli projeye dâhil olmuştur. Bütün bu proje ve yatırımlara paralel olarak 2015 yılında “Bilişim Vadisi” projesinin temeli bölgeye çok yakın olan Gebze’de atılmıştır.

Yukarıdaki bütün bu gelişmelere paralel olarak bu araştırmada, belki de bu gelişmelerin hiçbirinden haberi olmayan internet kullanıcılarından oluşan bir kitlenin bilişim vadisi ile ilgili tahminleri delfi yönteminin bir çeşidi olan argüman delfi yöntemi ile tahmin edilecektir. Delfi yöntemi orijinal olarak 1944 yılında, soğuk savaş dönemindeki Amerikan ordusunun teknolojik gelişmelerinin tahmin edilebilmesi için, uzmanların görüşlerinin birleştirileceği bir yöntem olarak geliştirilmiş ve oyun teorisine dayanan bir yöntemdir (Custer, Scarcella, & Stewart, 1999). Bu yöntemin bir çeşidi olan argüman delfi yöntemi ise orijinal delfi yönteminden farklı olarak uzlaşma yerine tartışmalara dayanmaktadır. Argüman delfi yönteminin, “Bilişim Vadisi” projesi için uyarlanması ve bu uyarılmanın internet üzerindeki kullanıcılara uygulanması ise, kullanıcıların algısı, projenin duyurulması ve bilinirliği, marka değeri veya Türkiye’deki devlet projelerinin algısına kadar giden çok sayıda farklı çalışma için katkı sağlayabilecektir.

2. METODOLOJİ VE BİLGİSAYARLI ARGÜMAN DELFİ YÖNTEMİ

Bilgisayarlı argüman delfi yöntemi, temel olarak yapısal anket çalışmaları ve yapısız metinler üzerindeki metin madenciliği ve doğal dil işleme çalışmalarının arasında, yarı yapısal bir yol izlemeyi amaçlar. Kaynağını insan görüşlerine dayandırır ve içeriği insanların oluşturmasına izin verir. Bu anlamda, bir kitle kaynak çalışması olarak görülebileceği gibi aynı zamanda anket çalışmaları kadar kesin sonuçlara ulaşmayı da başarabilmektedir.



Şekil 1 Bilgisayarlı Argüman Delfi yönteminin temel aşamaları

Bilgisayarlı argüman delfi yöntemi tasarımı itibarıyla 3 aşamadan oluşan ve 5 farklı değerlendirme ve 5 farklı sıralama yöntemi içeren ve tartışmalar üzerine kurulu bir yöntemdir. Bu çalışma kapsamında argüman delfi yöntemi üzerinde değişikliğe gidilerek yöntemin “sürekli katılım aşaması” genişletilmiş ve 3 farklı soruyu işleyecek hale getirilmiştir. Bu sayede kullanıcıların vermiş olduğu cevaplar ve diğer kullanıcıların argümanlarına vermiş olduğu puanlar değerlendirilerek sürekli katılım

aşamasında kullanıcıların en az 3 kere 3 farklı soru için dönmesi sağlanmıştır.

Delfi yönteminde bulunan beş farklı birleştirme yönteminden argüman kümesi üzerinde birleştirme işlemi uygulanarak maksimum alınan yöntem kullanılmıştır.

$$a_{\text{Birleştirilmiş}} = \bigcup_k \max_{R_{t=1}}^n a_t$$

Bu yaklaşımda birleştirilmiş argüman listesi, mevcut argüman listesinde verilen puanların en fazlası alınarak oluşturulur. Denklemde bulunan R ve a değerleri Rt, puanlar kümesi ve A argümanlar kümesi olacak şekilde aşağıdaki denklemde açıklanmıştır:

$$R: A \rightarrow A$$

$$a, r_1, r_2, r_3 \in A \quad \text{ve} \quad R(a, r_1, r_2, r_3) \in Rt$$

Ayrıca yöntemin değerlendirme aşamasında bir graf yaklaşımı olan en düşüğü dışarıda bırak yaklaşımı uygulanmış ve bu sayede en düşük değere sahip argümandan başlanarak sonuçta tek bir argüman kalana kadar bütün argümanlar sistemden silinerek ilerlenmiştir. Bu yöntem sonucunda n adet en iyi argümana ulaşılarak projenin çıktısı olarak da kullanılmıştır.

3. UYGULAMANIN GELİŞTİRİLMESİ VE BULGULAR

Uygulama herkese açık bir şekilde internet ortamında geliştirilmiş ve kullanıcıların uygulamadan haberdar olması sosyal ağlar aracılığı ile sağlanmıştır. Genel olarak Facebook üzerinde konuya yakın olabilecek yönetim bilişim sistemleri ile ilgili gruplar üzerinden araştırmanın linki paylaşılmıştır.

Bilgisayarlı argüman delfi yöntemi ilk kez üç aşamalı soru zincirine göre adapte edilmiştir. Bu zincirde bulunan sorular aşağıdaki şekilde listelenebilir:

1. Sizce Bilişim Vadisi Projesi en erken kaç yılda faaliyete geçer?
2. Sizce, bilişimin hangi faaliyet alanına odaklanmalı? (Örneğin; Yazılım, İş Zekası, ERP, Donanım veya niş alanlar vs.)
3. Bilişim Vadisi'nin uzmanlaşmış (yetiştirilmiş) eleman ihtiyacı nasıl temin edilmeli?

Sistemin internet üzerinden erişilebilmesi için sonucu tarafı betik dili olarak PHP dili kullanılmış ve veritabanı ihtiyacı MySQL ile karşılanmıştır. Sistemin çok yoğun kullanıcı etkileşiminde bulunmayacağı öngörüldüğü için ve maliyet düşürmek için teknolojik uygulama seviyesi mümkün olan minimum maliyet ile çözülmüştür. Sonuç olarak sistemin teknik özellikleri, proje kapsamındaki ihtiyaçları karşılamış ve bilgisayarlı argüman delfi yöntemi başarılı bir şekilde örnek problem üzerinde çalıştırılmıştır.

Sisteme internet üzerinden doğrudan erişim www.shedai.net/bilismvadisi adresi üzerinden mümkün

olmakla birlikte sistemin ekran görüntüleri Resim 1’de sunulmuştur.



Resim 1 Argüman Delfi Yönteminin Web Arayüzleri arasındaki geçişleri

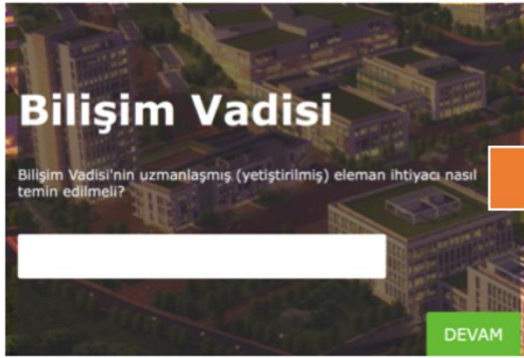
Resim 1’de gösterildiği üzere kullanıcılardan ilk adımda bir tahminde bulunması istenip sayısal olarak yapılan tahminler birleştirilerek (ortalama) tek bir tahminde kullanıcıya gösterilmektedir. Katılımcıların ortalamanın altında ve üstünde tahmin yapıyor olmalarına göre iki ayrı kampa ayrıldığına dikkat edilebilir. Ardından katılımcıların daha önceden girilmiş olan görüşleri

değerlendirdiği son aşama gelir. Klasik olarak argüman delfi yönteminde üçüncü ekran olan bu ekranda, daha önceden girilen argümanlar değerlendirildikten sonra tekniğin sona ermesi beklenirken, bilişim vadisi için özel olarak uygulanan bu uygulamada teknik son bulmamakta ve Resim 2’de sunulan ekran görüntüleri ile devam etmektedir.



Resim 2 Argüman Delfi Yöntemine eklenen ilave adımlar ve değerlendirme

Son olarak üçüncü bir argüman girişi ve değerlendirmesi istenmekte ve bu işlemin adımları ise Resim 3’te sunulmaktadır.

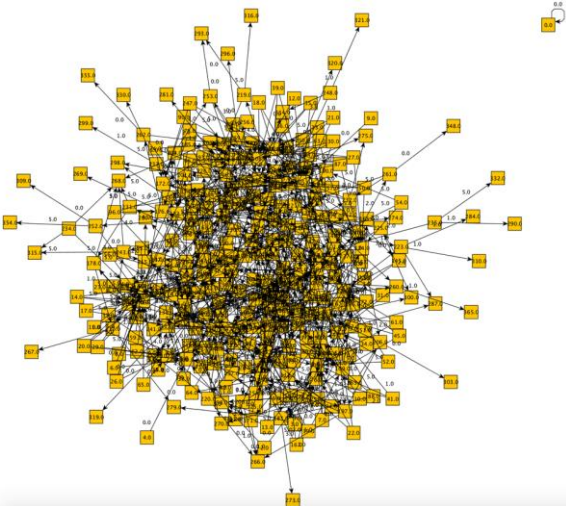


Resim 3 Bilişim vadisinin eleman ihtiyacını karşılamak için görüşlerin girildiği adım

Anket uygulamalarına göre çok daha hızlı bir şekilde cevap verilebilen uygulamaya 305 farklı kişi tarafından katılım sağlanmış; katılımcılar, sisteme 276 farklı argüman girişi yapmış ve 785 farklı argüman hakkında değerlendirmede bulunmuştur. Katılım sırasında oluşan kirliliğin ön işleme ile temizlenmesinin ardından sistemde, 189 temiz argüman elde edilmiş ve sistem bu argümanların üzerinden değerlendirmeye gitmiştir.

Sisteme girilmiş olan argümanlar ve bu argümanların sahipleri tarafından diğer argüman sahiplerine verilen oylar Şekil 2'de gösterilmiştir.

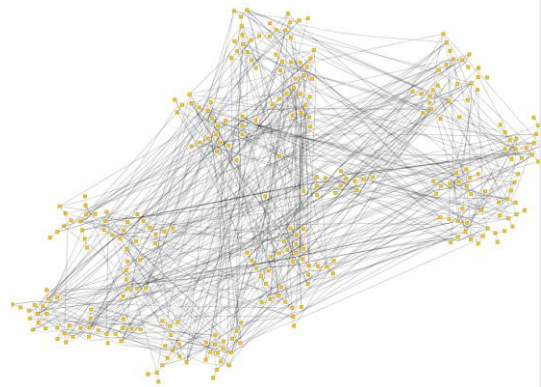
Ayrıca aynı haritanın daha iyi anlaşılabilmesi için farklı görselleştirme algoritmaları ile yeniden çizilmiş halleri de Şekil 3'de ortogonal yöntemi ve Şekil 4'de dairesel yöntem ile verilmiştir.



Şekil 2 Bilişim Vadisi uygulamasının argüman haritası

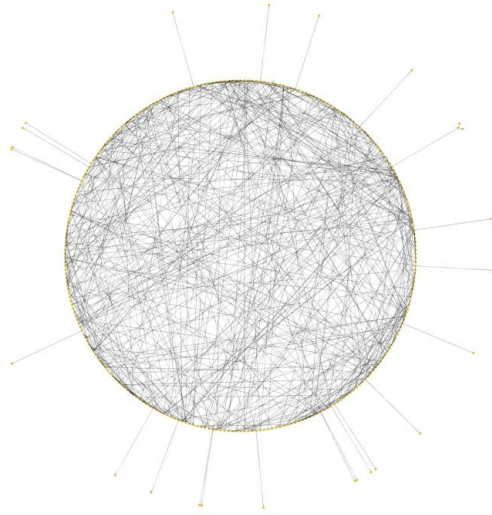
Şekilde gösterilen düğümler argümanları ve düğüm numaraları da argüman numaralarını tutmaktadır. Ayrıca argümanlar arasındaki kenarlar üzerinde de her argüman

sahibinin diğer argüman sahibine verdiği not bulunmaktadır. Şekil 2'de gösterilen argüman ağının daha açık bir şekilde yoğunluklara göre düğümlerin gruplandırıldığı ortogonal çizimi ise Şekil 3'te sunulmuştur (Roland Wiese, Markus Eiglsperger, & Michael Kaufmann, 2004).



Şekil 3 Bilişim Vadisi için oluşturulan argüman haritasının ortogonal olarak gösterimi

Şekil 3'teki yoğunluğa göre gruplanmış olan çizimin farklı bir özelleştirilmiş hali ise Şekil 4'te sunulmuştur. Dairesel çizim olarak görselleştirilmiş olan argüman haritasının önemli özelliklerinden birisi argümanlar arasındaki geçiş yoğunluğunu göstermesinin yanında, dairesel ağa dahil olmayan ve tek bağlı düğümleri, yani sadece bir defa oylanmış argümanları dairenin dışında göstermesidir. Şekil 3'te görüldüğü üzere sadece az sayıda argüman birer kere oylanmıştır. Bu tek oylama sebebi ise sistemdeki yeni eklenen argümanların oylama için sırada bekliyor olması ve ancak sisteme eklendikten sonra yeni bir argüman sahibi tarafından oylanabilirdir (Dwyer, Lee, Fisher, & Quinn, 2009).



Şekil 4 Bilişim Vadisi için oluşturulan argüman ağının dairesel gösterimi

Bilgisayarlı argüman delfi yönteminin son aşamasında yapılan temizleme ve değerlendirme aşaması ile, sistem üzerinde elde edilen ve en çok beğenilen 10 argümandan oluşan özet argümanlar Tablo 1.1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Bilişim Vadisi Projesi Argüman Listesi

Tahmin	Argüman
20	Bilişime verilen önemsizlik
8	Bu tip önceki yapıları dikkate aldım
7	Türkiyede ki devletin ve yarımcıların ileri v izyonlarının olmaması
4	Bu anda daha tek çivi dahi çakamadığımız için
10	Ülkenin içinde bulunduğu istikrarsızlıklar gerek devlet gerek özel sektör yatırımlarını olumsuz yönde etkilemiştir.
10	Özel sektör hızlı yol alsada, kamu yavaş hareket eder
4	Ülkede değişimlerin kolaylıkla gerçekleşmesine inam kalmadığından ola bilir
3	Çünkü öyle olmasını umuyorun
5	hızla ilerleyen teknolojiye daha fazlası olmaz
2	Türkiye de teknolojiye ve bilişime olan önemin fark edilmeye başlanmasından dolayı

Tablo 1’de sunulan argümanlar ve her argüman sahibinin tahmini bitiş süresi değerlendirildiğinde, bitiş süresinin ortalamasının üzerinde olacağına dair tahminleri olanlar ve ortalamasının altında olacağına dair tahminleri olanlar şeklinde iki ayrı kampa ayrıldığı görülebilir. Bu ayrım aslında Hegel diyalektiğinin de temelini oluşturan tez ve antitez ikilisinin oluşmasını sağlamaktadır ve aslında bilgisayarlı argüman delfi tekniği, diğer delfi tekniklerinin aksine katılımcıların uzlaşmasından değil de katılımcıların çatışmasından beslenmektedir.

Tablo 2. Bilişim Vadisi Projesi ihtiyaç duyulan alan sorusuna cevaplar

Tahmin	Argüman
10	siber güvenlik
2	yapay zeka
50	Yazılım
10	İş zekası zaten yazılımı da donanımı da içinde barındırmaktadır. Çok genel olarak verinin bilimsel olarak işlenmesi gerekri
3	Yazılım
5	yazılım
4	İş Zekası
5	Sistem
6	İş zekası
9	iş zekası,yazılım

Tablo 2’de ise yöntemin ikinci aşamasında sorulan soruya katılımcılar tarafından verilen cevaplar sunulmuştur. Tablonun ilk sütununda ise daha önce Tablo 1’de sunulduğu gibi katılımcıların tahmin değerleri gösterilmiştir, dolayısıyla kamplara göre farklı görüşlerin takip edilmesi mümkündür. Ayrıca Tablo 2’de sunulan cevapların arasında bulunan benzerlikler, yöntemin zayıf noktası olan ve girilen cevaplar arasındaki benzerlikleri bularak aynı cevabın çok kez tekrar etmesini engelleyen bir yöntemin gerekliliğini de ortaya çıkarmıştır. Bunun için ilerideki çalışmalarda büyük/küçük harf hassasiyetini yok ederek uygun bir dizgi mesafesi algoritması ile girdilerin tekrarlanmasının engellenmesi fikri ortaya çıkmıştır (Seker, Altun, Ayan, & Mert, 2014).

Tablo 3. Yetiştirilmiş Eleman ihtiyacının karşılanması için üretilen argümanlar

Tahmin	Argüman
8	Kaliteli Eğitim
5	Bu konuda ilgisi ve bilgisi olan kişilerle
3	Akademik alanda eğitim almış insanların kısa süreli uzmanlık eğitimleriyle.
8	Sektör
10	Üniversitelerin sadece derslere odaklı değilde, sektöre hazır eleman yetiştirme zihniyetiyle
10	Üniversite+Özel sektör işbirliği
99	İşe alımlarda diploma değilde azim gayretler ve ileride hedeflerin neler olduğu araştırılmalı
99	mentorluk programlarından
15	Üniversitenin gerekli bölümlerinden deneyimli deneyimsiz insanlarla başlamalı yaratıcı olmalı
7	işbaşı eğitimlerle

Tablo 3’de ise yöntemin üçüncü ve son aşamasında sorulan ve eleman ihtiyacının nasıl karşılanacağına dair argümanlar gösterilmiştir. Bu argüman tablosu, daha önceki tablolarda olduğu gibi en yüksek oy almış argümanlardan oluşturulmuştur.

Bilgisayarlı argüman delfi yönteminin önemli bir avantajı, yukarıdaki tablolarda da açıkça görülmektedir. Yukarıdaki tabloda yazım hataları bulunan veya bilgisayarın işlemesi için zorluklar içeren bazı örnek girdileri barındırmaktadır. Bilgisayar ile metin analizi yapmak yerine analiz sürecinin katılımcıların sistemdeki değerlendirmelerine dayandırılması, bilgisayarların işlem zorluğunu ortadan kaldırmaktadır (Seker, 2015c).

Bilgisayarlı argüman delfi yöntemi, örneklerden de görüleceği üzere yüzlerce argüman içerisinde en değerli olabilecek argümanları, hem katılımcılara ürettirmesi hem de katılımcılar tarafından değerlendirilmesini sağlaması açısından önemli bir katkı sunmaktadır. Bu sayede yüzlerce içeriğin raporlanması yerine sadece değerli olabilecek içerik rapor halinde sunulmaktadır. Örneğin bu uygulama sırasında, kirli veri sayılabilecek boş girdiler veya küfür sayılabilecek uygunsuz girdiler olmuş ancak diğer kullanıcılar tarafından bu argümanlara çok düşük notlar verildiği için raporlamaya hiç dahil edilmemiştir. Benzer şekilde yöntemin sonraki adımlarda geliştirilmesi açısından uygunsuz içeriklerin moderasyon ile temizlenmesi veya belirli bir oylamadan sonra çok düşük puana sahip olan argümanların bir daha gösterilmemek üzere sistemde işaretlenmesi fikirleri bu çalışma sayesinde ortaya çıkmıştır.

References

- Acemoglu, D. (1997). Training and Innovation in an Imperfect Labour Market. *Review of Economic Studies*, 64 (3), 445-464.
- Custer, R. L., Scarcella, J. A., & Stewart, B. R. (1999). The Modified Delphi Technique - A Rotational Modification. *Journal of Vocational and Technical Education*, 15 (2).
- Dwyer, T., Lee, B., Fisher, D., & Quinn, K. (2009). A Comparison of User-Generated and Automatic Graph Layouts. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 15 (6), 961 - 968.
- Fallick, B., Fleischman, C. A., & Rebitzer, J. B. (2006). Job-Hopping in Silicon Valley: Some Evidence Concerning the Microfoundations of a High-Technology Cluster. *The Review of Economics and Statistics*, 88 (3), 472-481.
- Neuman, W. L. (2009). *Social Research Methods: Quantitative and Qualitative Approaches* (7. Baskı). Pearson.
- Onwuegbuzie, A. J., & Collins, K. M. (2007). A Typology of Mixed Methods Sampling Designs in Social Science Research. *The Qualitative Report*, 12 (2), 281-316.
- Peters, E., & Hood, N. (2000). Implementing the Cluster Approach: Some Lessons from the Scottish Experience. *International Studies of Management & Organization*, 30 (2), 68-92.
- Porter, M. E. (2000). Competition, and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy. *Economic Development Quarterly*, 14 (1), 15-20.
- Roberts, D. M., & Bilderback, E. W. (1980). Reliability and Validity of a Statistics Attitude Survey. *Educational and Psychological Measurement*, 40 (1), 235-238.
- Roland Wiese, Markus Eiglsperger, & Michael Kaufmann. (2004). yFiles — Visualization and Automatic Layout of Graphs. Chapter Graph Drawing Software, Part of the series Mathematics and Visualization, 173 - 199.
- Roten, F. C., & Roten, Y. d. (2013). Statistics in science and in society: From a state-of-the-art to a new research agenda. *Public Understanding of Science*, 22 (7), 768-784.

4. SONUÇ

Bilgisayarlı argüman delfi yöntemi, ilk kez Türkçe olarak bir gerçek hayat problemine uygulanmıştır. Yönteme katılımcıların erişimi için bilgilendirilmesi sosyal ağlar üzerinden sağlanmıştır. Yönteme katılan 305 farklı katılımcının oluşturduğu 189 argüman ve 785 notlama değerlendirmeye alınmıştır. Yöntem sayesinde tartışma sonuçlarına tamamen otomatik bir şekilde özetlenmiş ve hiçbir metin madenciliği çalışmasına ihtiyaç duyulmadan fikir madenciliği işlemi başarıyla tamamlanmıştır. Çalışmanın çıktıları ayrıca Türkiye'deki Bilişim Vadisi projelerine yön vermesi açısından da önemli görülmektedir.

- Seidman, I. (2005). *Interviewing as Qualitative Research: A Guide for Researchers in Education and the Social Sciences* (Cilt 3). Teachers College Press;.
- Seker, S. E. (2014). Bilgi Yönetimi (Knowledge Management). *YBS Ansiklopedi*, 1, 8 - 14.
- Seker, S. E. (2015a). Computerized Argument Delphi Technique. *IEEE Access*, 3, 368-380.
- Seker, S. E. (2015b). Kitle Kaynak (Crowd Sourcing). *YBS Ansiklopedi*, 2, 6-11.
- Seker, S. E. (2015c). Metin Madenciliği (Text Mining). *YBS Ansiklopedi*, 2 (3), 30-32.
- Seker, S. E. (2015d). Motivasyon Teorisi (Motivation Theory). *YBS Ansiklopedi*, 2, 22 - 27.
- Seker, S. E. (2015e). Temporal logic extension for self referring, non-existence, multiple recurrence and anterior past events. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 23 (1), 212-230.
- Seker, S. E., & Al-Naami, K. (2013). Sentimental analysis on Turkish blogs via ensemble classifier. *roc. the 2013 International Conference on Data Mining*, (s. 10 - 16).
- Seker, S. E., & Eryarsoy, E. (2015). Generating Digital Reputation Index: A Case Study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 1074-1080.
- Seker, S. E., Altun, O., Ayan, U., & Mert, C. (2014). A Novel String Distance Function Based on Most Frequent K Characters. *International Journal of Machine Learning and Computation (IJMLC)*, 4 (2), 177-183.



2015.03.02.STAT.06

THE INVESTIGATION OF THE FACTORS AFFECTING ON THE PRICES OF REAL ESTATES IN SAMSUN VIA HEDONIC PRICE MODEL

Hasan BULUT*

Yüksel ÖNER†

Ebrucan İSLAMOĞLU‡

Research Assistant, Faculty of Arts and Sciences, Ondokuz Mayıs University, Samsun

Assoc. Prof. Dr., Faculty of Arts and Sciences, Ondokuz Mayıs University, Samsun

Research Assistant, Faculty of Arts and Sciences, Ondokuz Mayıs University, Samsun

Received: 11 October 2015

Accepted: 26 November 2015

Abstract

The most important needs of people has been sheltering and feeding since the early ages. Today it has been made to different perspectives based on a budget satisfy the feeling of pleasure from these requirements. Beside the housing needs satisfied, housing property is also important. Certainly people both housing requests and features of the house are heterogeneous. Heterogeneous changes occurring in the price of good model to examine the factors which caused is called the hedonic pricing model. In this study, hedonistic price model explored for the factors that affect the price of housing in the province of Samsun. For this purpose, according to average family needs, 3+1 houses are examined. The data are taken from the advertising of Sahibinden.com website. Three central districts of Samsun (Canik, İlkadım Atakum) including advertisements in the study are selected by a stratified sampling method and the districts are taken as stratified. To provide benefits for daily life, the results obtained from the study are given with a MS Access programming application.

Keywords: Housing Prices, Housing Markets, Hedonic Price Model.

Jel Code: E30

SAMSUN İLİ KONUT FİYATLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN HEDONİK FİYAT MODELİ İLE İNCELENMESİ

Özet

İlk çağlardan bu yana insanların en önemli ihtiyacı şüphesiz barınma ve beslenmedir. Günümüzde bu ihtiyaçlar arasında haz duygusunu tatmin etmek için bütçelere göre farklı arayışlara gidilmiştir. Barınma ihtiyacının karşılanıp-karşılanmaması yanında nasıl bir konut ile karşılandığı da önem arz etmektedir. Elbette bireylerin konut isteklerinin heterojen olmasının yanında konutlar da özellikleri bakımından heterojendir. Heterojen malların fiyatlarında meydana gelen değişimlerin hangi faktörlerden kaynaklandığını inceleyen modele hedonik fiyat modeli denilmektedir. Bu çalışmada, Samsun ili konut fiyatlarını etkileyen faktörler hedonik fiyat modeli ile incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda ortalama bir ailenin ihtiyaçlarına cevap verecek 3+1 oda sayısına sahip konutlar ile ilgilenilmiştir. Söz konusu veri seti Sahibinden.com sitesine ait ilanlardan derlenmiştir. Samsun ilinin üç merkez ilçesini (Canik, İlkadım, Atakum) kapsayan çalışmada örneklem Tabakalı Örneklem yöntemi ile oluşturulmuştur ve tabaka olarak ilçeler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara dayanarak Fiyat

* hasan.bulut@omu.edu.tr (Corresponding author)

† yoner@omu.edu.tr

‡ ebrutiring@hotmail.com

Tahmin Robotu adını verdiğimiz ve programı MS Access ile tarafımızdan yazılan bir robot hazırlanmıştır. Bu robot sayesinde çalışmanın bulguları günlük hayata fayda sağlayacak şekilde tüketicinin hizmetine sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Konut Fiyatları, Konut Piyasası, Hedonik Fiyat Modeli

Jel Kodu : E30

1. GİRİŞ

Konut; bireyin barınmasını sağlayacak kapalı bir alandan öte, kaliteli bir yaşam imkânı sunan, doğal afetlere dayanıklı yapıları ifade etmektedir. Kentlerin varlığının temel simgesi olan konutlar, sadece barınak değil; aynı zamanda kişi ve aile mahremiyetinin korunduğu, bireyin kendisini güvende hissettiği, bireyin günlük hayat içerisinde sağlıklı ve kaliteli bir yaşam sürmesi amacıyla dinlenip enerji depoladığı bir mekândır. Konut insan varlığının en etkili güvencesidir (Daşkiran, 2015). Barınma ihtiyacının nasıl karşılandığı hane halkının ekonomik gücü ve istekleri ile yakından ilgilidir. Öyle ki bu ihtiyaçlar ve bütçeler homojen olmayan bir yapıya sahiptir. Diğer taraftan üretilen konutlar da sadece barınma ihtiyacını karşılamakla kalmayıp, insanları mutlu etmek ve isteklerini karşılamak için oldukça heterojendir. Bu şekilde heterojen olan malların fiyatlarını etkileyen faktörler literatürde hedonik modeller ile incelenmektedir.

Hedonik sözcüğü, mal ve hizmetlerin tüketimi sonrası ortaya çıkan haz, tatmin, memnuniyet ya da fayda anlamına gelmektedir. Hedonik fiyat ise kişinin memnuniyeti için ödemeyi göze aldığı miktardır (Çetintarha ve Çubukçu, 2012).

Dünyada ve ülkemizde hedonik modelleme ile gayrimenkul fiyatlarındaki değişimi etkileyen faktörler tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan ilk çalışma Ridker ve Henning (1967) tarafından yapılmıştır. 167 gözlemin ele alındığı çalışmada hava kirliliğinin konut fiyatlarına etkisi incelenmiş ve konut fiyatlarına etkisi olan faktörler doğrusal model kullanılarak tespit edilmiştir. Kain ve Quigley (1970) konut sahiplerinin yanı sıra kiracıların bulunduğu konutları da dâhil ettikleri çalışmalarında doğrusal ve yarı logaritmik modelleri kullanmışlardır. Çalışma ile konutun fiziksel özelliklerine göre (oda sayısı, banyo sayısı vb.) hizmet kalitesinin fiyat üzerinde daha etkin olduğunu göstermişlerdir.

Ülkemizde hedonik modeller ile ilgili yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Yaptığımız çalışmaya ışık tutacağı düşünülen çalışmalardan bazıları ile ilgili kısa bir bilgi vermek yerinde olacaktır. Üçdoğruk (2001) yapmış olduğu çalışmada İzmir ili kentsel kesimde en az dört katlı daireleri kapsayan bir çalışma yapmıştır. Söz konusu çalışma için tüm ilçelerde emlakçılarla tesadüfi olarak 2718 adet anket yapılarak veri toplanmıştır. Çalışmanın sonucunda sobaya göre kaloriferin (kat kaloriferi, merkezi sistem ya da jeotermal enerji), parke zemin olmasının,

seramik banyonun, pencerede alüminyum doğramanın, kiremit çatının, hazır mutfağın, uydu sisteminin, kapıcı bulunmasının ve caddeye/bulvara yakın olmanın fiyatı arttırdığı sonucuna varmıştır. Yankaya ve Çelik (2005) yaptıkları çalışmada ise İzmir metrosunun konut fiyatlarına etkisini hedonik fiyat modeli ile incelemişlerdir. Çalışmada doğrusal ve logaritmik-doğrusal model kullanılmıştır.

Çetintarha ve Çubukçu (2012) ülkemizde ve dünya da hedonik fiyat modeli ile konut fiyatlarını etkileyen faktörler üzerine yapılan çalışmalar ile ilgili bir literatür taraması yayınlamışlardır.

Kördiş ve arkadaşları (2014) Antalya ili konut fiyatlarını etkileyen faktörleri hedonik fiyat modeli ile belirlemişlerdir. Çalışmada hem genel hem de farklı gelir grupları için oluşturulan modelin ampirik sonuçlarına göre Antalya’da konut fiyatlarını etkileyen önemli faktörler, konutun genişliği, yüksek gelirli bölgede olması, deniz manzaralı olması, kapalı oto parkı olması, daire olması, denize yakınlığı, ısınma sisteminin ve asansörünün olmasıdır.

Yayar ve Gül (2014) Mersin ili konut fiyatlarını etkileyen faktörleri inceledikleri çalışmalarında konutun kullanım alanı, mutfak büyüklüğü, pazara uzaklık, banyo sayısı, garaj, merkezi uydu sistemi, özel güvenlik ve asansör sayısı değişkenlerinin konut fiyatlarını artırdığı; öte yandan konutun bahçeye sahip olması, site içinde olması, toplu taşıma araçlarına uzak olması ve eski olmasının konut fiyatlarını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Daşkiran (2015) Denizli ilinde hedonik fiyat modelini kullanarak konut fiyatları ile konutun bulunduğu kat, asansör, oda sayısı, banyo sayısı, kaloriferli ısınma sistemi, eğitim kurumlarına uzaklık, sağlık kuruluşlarına ve şehir merkezine yakınlık arasında anlamlı bir ilişki bulmuştur.

Samsun ili için ise yapılmış tek çalışma Yayar ve Karaca (2014) tarafından yapılan ve TR83 bölgesini kapsayan çalışmadır. Bilindiği gibi TR83 bölgesi İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırması (İBBS) Düzey 2’de tanımlanmış ve Samsun, Amasya, Tokat, Çorum illerinden oluşan bölgedir (URL 1). Söz konusu çalışmada, bölgedeki illerde bulunan apartman dairelerine ait özellikler uygulanan anketler ile tespit edilmiş ve veri seti oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan otuz iki değişkenden yirmi bir tanesinin konutların fiyatını açıklamada istatistiksel olarak anlamlı olduğu hedonik

fiyat modeli ile tespit edilmiştir. Çalışma 2012 yılı Aralık ayında Gaziosmanpaşa Üniversitesi bünyesinde yürütülen Bilimsel Araştırma Projesinin sonuçlarından derlenmiş olup, verinin 2012 yılına ait olduğu söylenebilir.

Son yıllarda Samsun ilinde inşaat sektöründeki hızlı gelişmeye rağmen; konut fiyatlarının ani artışı, daha önce çok fazla çalışma yapılmamış olması ve yapılan çalışmaların da ani fiyat artışı karşısında güncellenme ihtiyacı bu çalışmanın yapılmasını gerekli kılmıştır. 2008 yılında ortaya çıkan küresel krizin 2011 yılında etkilerini kaybetmesiyle birlikte konut fiyatları artmaya başlamış ve yukarı doğru bir trend yakalamıştır. Merkez Bankası verilerine göre Türkiye Konut Fiyatları Endeksi (TKFE) 2015 Temmuz ayında bir önceki yılın aynı ayına göre %18,76 artış göstermektedir. TKFE değerinde aynı dönemde TR83 bölgesi bakımından artış miktarı ise %10,34 olmuştur (URL 2). Bu durumun nedenleri ayrı bir inceleme konusudur. Ancak; Samsun ili için mikro ölçekte kısaca değinmek gerekirse; banka kredilerinin daha kolay kullanılabilir olması, malzeme kalitesi ile maliyetlerinin artması ve piyasada sadece sermaye olarak güçlü inşaat firmalarının faaliyet göstermesidir. Bu durum özellikle Atakum ilçesinde sürekli yeni binaların inşa edilmesine ve bunun yanında da konut sayısında bir şişmenin meydana gelmesine neden olmuştur. Hâlihazırda yeni daireler boş olarak uzun süre satılmayı bekleyebilmektedir. Bu durumda sermaye olarak güçlü olmayan bir inşaat firması fiyatı düşürerek elindeki boş daireleri satma yoluna gidebilecekken, mali açıdan güçlü olan firmalar bu yolu tercih etmemekte ve fiyatları aşağı çekmemektedir. Ayrıca son yıllarda il merkezine yapılan yatırımlarda konut fiyatlarını arttırmıştır. Örneğin Atakum-İlkadım ilçeleri arasında yapılan hafif raylı sistem (tramvay) ulaşım açısından olumlu bir etki yaratmış olup bu tramvay duraklarına yakın olan konutların fiyatlarında da bir artışa neden olmuştur.

Bu çalışmada sadece Samsun ili merkez ilçeleri yer almaktadır. Bu ilçeler doğudan batıya doğru Canik, İlkadım ve Atakum'dur. Çalışmanın detaylarına geçmeden önce söz konusu ilçelerden bahsetmek gerekmektedir. Çünkü bu ilçeler hem veri seçiminde uygulanan tabakalı örneklemede tabaka olarak hem de modelleme aşamasında konut fiyatları için açıklayıcı değişken (faktör) olarak çalışmaya dâhil edilmiştir.

Canik ilçesi diğer ilçelere göre genellikle ekonomik gücü daha düşük olan ailelerin yaşadığı bir ilçe olup, bünyesinde büyük bir sanayi sitesini barındırmaktadır. Genellikle bu sanayi sitelerinde çalışan bireyler ve aileleri ilçede barınmaktadır. 2010 yılında Karadeniz Bölgesi'nin ilk vakıf üniversitesi olan Canik Başarı Üniversitesi'nin açılmasının yanı sıra Samsun'un ve bölgenin en büyük alışveriş merkezinin ilçede hizmet vermeye başlamasıyla birlikte Canik kozmopolit bir yapıya bürünmüştür. Dünya markası yapı malzemesi firmaları da Canik ilçesinde büyük şubeler açmıştır. Ancak; ilçe asıl atılımını

TOKİ'nin banliyö mahallerinde uyguladığı kentsel dönüşümle kazanmıştır. Suriye'den Samsun'a gelen göçmenlerin genellikle bu ilçeye yerleştirilmesi de sosyal açıdan bir dönüşüme neden olmuştur. Özetlemek gerekirse, Canik; deniz kenarında büyük bir piknik alanı, bölgenin en büyük alışveriş merkezi, iki özel hastane, büyük bir sanayi sitesi, Samsun 19 Mayıs Stadyumu, yüzme havuzu ve kapalı spor salonlarının da olduğu büyük bir spor kompleksi, büyük sermayeli dünya firmalarının açmış olduğu yapı marketleri, bir vakıf üniversitesi, kurtuluş savaşının simgelerinden Bandırma Gemisi Müzesini bünyesinde barındırmaktadır. TOKİ ve özel inşaat firmaları tarafından yapılan yeni binalarla kentsel dönüşüme uğrayan ilçe yaklaşık yüz bin nüfusa sahiptir. Söz konusu özellikler ilçenin kendi içinde de oldukça heterojen bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

19 Mayıs 1919 tarihinde Mustafa Kemal Atatürk ve arkadaşlarının milli mücadeledeki ilk adımlarını attıkları ve bundan dolayı da İlkadım ismini alan ilçe yaklaşık 320 bin nüfusuyla Karadeniz Bölgesi'nin en kalabalık ilçesidir. İlkadım ilçesi Samsun'un merkezi konumunda olup, Valilik ve Büyükşehir Belediye binalarını bünyesinde bulundurmaktadır. Çok sayıda otelin bulunduğu ilçe, sosyal ve kültürel aktivitelere ev sahipliği yapan bir kongre merkezine ve birçok müzeye sahiptir. Bir adet hayvanat bahçesini de barındıran ilçe, tarihi yabancılar pazarı ve fuar ile Samsun halkını kendisine çekmektedir. Samsun ili için alışverişin merkezi konumundaki ilçede yeni bina yok denecek kadar azdır.

En batıdaki merkez ilçe olan Atakum, özellikle Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ni bünyesinde barındırmasından dolayı gelişmiştir. Üniversite öğrencileri ilçe ekonomisini canlandırmış, üniversitede görevli idari, akademik personel ve özellikle Tıp Fakültesi bünyesinde istihdam edilen doktorların ikamet etmesi ile ilçe de sosyokültürel açıdan bir kalkınma meydana gelmiştir. Hâlihazırda Atakum gelişmeye devam etmekte ve sürekli yeni binalar inşa edilmektedir. Samsun'un cazibe merkezi haline gelen ilçede sahile yapılan yatırım halkı deniz ile nezih bir şekilde buluşturmaktadır. Ayrıca ilçenin en önemli avantajı yukarıda da bahsedildiği gibi raylı sisteme sahip olmasıdır. Doğu-Batı yönlü bu raylı sistem ilçeyi merkez ile birbirine bağlamaktadır. Bu durum ve binaların genellikle yeni olması ilçede fiyatların diğer merkez ilçelerine nazaran daha yüksek olmasına neden olmuştur.

Görüldüğü üzere Samsun ili hem konut açısından hem de barındırdığı insanlar bakımından oldukça heterojen bir yapıya sahiptir. Çalışmada tabaka ve açıklayıcı değişken olarak kullanılan üç ilçe incelendiğinde de sosyoekonomik ve sosyokültürel olarak heterojen yapı ön plana çıkmaktadır.

2. HEDONİK FİYAT MODELİ

Hedonik fiyat modeli, konut fiyatlarını etkileyen faktörlerin tespit edilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Hedonik fiyatlamada temel varsayım tüketicilerin bir malın veya hizmetin kendisinden ziyade, onun sağladığı özelliklere göre fiyatlandırma yapmasıdır (Kördiş ve ark., 2014). Bu varsayım ile konutun fiyatına konutun sahip olduğu her bir özelliğin zımnı katkısı olduğu kabul edilir ve hedonik fiyat modeli bu zımnı katkıyı tahmin etmeye çalışır.

Rosen (1974), bir malı (Z) n tane karakteristiğinin toplamı şeklinde aşağıdaki gibi ifade etmiştir;

$$Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \quad (1)$$

Piyasada ilgilenilen mallar heterojen bir yapıya sahip olduklarında bu karakteristikler bakımından farklı kombinasyonlar olacaktır. Tüketici kendi değerlendirmesine göre en uygun malı almak isteyecektir. Elbette her malın bir piyasa fiyatı olacaktır ve bu durum Z vektörünün sabitlenmiş değeri ile ilişkilidir. Bu nedenle malın piyasa fiyatı ile karakteristikleri arasında bir fonksiyon olup şu şekilde ifade edilir;

$$P(Z) = P(Z_1, Z_2, \dots, Z_n) \quad (2)$$

Burada P bir malın fiyatı, Z ise o malın karakteristik vektörüdür. Bu fonksiyon heterojen malların fiyatlarının karşılaştırılması sonucu elde edilen hedonik fiyat regresyon eşitliğidir (Kördiş ve ark., 2014).

Hedonik fiyat regresyon modeli sayesinde konutun sahip olduğu her bir özelliğin toplam fiyata katkısı araştırılabilir. Eğer kullanılan model logaritmik bir model ise elde edilen katsayılar esneklik katsayısı olarak adlandırılır ve diğer tüm özellikler sabit iken katsayının ilgili olduğu özelliğin konut fiyatını yüzde ne kadar arttırdığı/azalttığı bilgisini araştırmacıya verir (Daşkıran, 2015).

Eşitlik (2) konutun fiyatı ile özellikleri arasında fonksiyonel bir ilişki olduğunu ifade etmektedir. Hedonik fiyat modellemesinde amaç bu fonksiyonel ilişkiyi en iyi şekilde ifade edecek modeli tespit etmektir. Literatürde hedonik fiyat regresyon modeli denildiğinde 4 farklı model yapısı karşımıza çıkmaktadır. Bu modeller;

- Doğrusal model
- Tam logaritmik model
- Doğrusal Logaritmik Model (Dog – Log)
- Logaritmik Doğrusal model (Log – Dog) şeklinde ifade edilebilir.

Doğrusal model bağımlı değişken olan konut fiyatı ile, bu konut fiyatı üzerinde etkisi araştırılacak bağımsız değişkenlerin doğrusal olduğu modeli ifade etmekte olup, Eşitlik (3) ile ifade edilmektedir.

$$P = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (3)$$

Tam logaritmik model ise konut fiyatı ve özelliklerinin logaritmasına dayanmaktadır. Eşitlik (3)'te ifade edilen

modelde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin logaritmaları alındığında Tam logaritmik modele ulaşılmaktadır. Söz konusu model Eşitlik (4)'te ifade edilmektedir.

$$\ln(P) = \alpha + \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(X_2) + \dots + \beta_n \ln(X_n) + \varepsilon \quad (4)$$

Doğrusal-Logaritmik model (Dog-Log) ise bağımlı değişkenin doğrusal, bağımsız değişkenlerin logaritmik olduğu modeli ifade etmekte olup Eşitlik (5)'te gösterilmiştir.

$$P = \alpha + \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(X_2) + \dots + \beta_n \ln(X_n) + \varepsilon \quad (5)$$

Bu modellerde, bağımsız değişken (konuta ait özelliklerde) meydana gelen yüzde birlik değişimin, bağımlı değişken (konutun fiyatında) meydana getirdiği mutlak değişim miktarı belirlenmektedir.

Son olarak Logaritmik-Doğrusal model (Log-Dog) isminden de anlaşılacağı üzere bağımlı değişkenin logaritmik ve bağımsız değişkenlerin ise doğrusal olduğu ve Eşitlik (6)'teki modeldir.

$$\ln(P) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (6)$$

Bu modellerde, bağımsız değişkenlerde (konuta ait özelliklerde) meydana gelen mutlak değişimin, bağımlı değişken (konutun fiyatında) meydana getirdiği yüzde değişimler belirlenmektedir.

Konut için bazı değişkenler nicel olarak ölçülememekte, varlıkları ancak var/yok, evet/hayır vb. ifadelerle değerlendirilebilmektedir. Bu tür konut özellikleri modele ancak kukla değişkenlerle eklenebilmektedir. Modelde kukla değişken olduğunda logaritmik doğrusal model Eşitlik (7)'de ifade edildiği gibidir.

$$Y = \ln(P) = \alpha + \sum b_i X_i + \sum c_j D_j \quad (7)$$

Burada Y bağımlı değişkeni, X_i bağımsız değişkenleri ve D_j ise kukla değişkenleri ifade etmektedir (Kaya,2012).

3. UYGULAMA

Bu çalışma da Samsun ili konut fiyatları hedonik modeller kullanılarak incelenmiştir. Çalışmaya sadece ortalama bir çekirdek ailenin (Anne-Baba ve iki çocuk) ihtiyaçlarını karşılayacak 3+1 oda sayısına sahip konut tipi dâhil edilmiştir. Bu şekilde veri setinde aykırı değer sorununa neden olabilecek diğer konut tipleri (gecekondu, villa, dubleks vb.) alınmamıştır. Söz konusu veri seti Sahibinden.com internet sitesindeki ilanlardan derlenmiştir. İlanlar arasından seçimde tabakalı örnekleme yöntemi kullanılmış ve 395 konuta ait özellikler veriyi oluşturmuştur. Samsun ili merkez ilçeleri olan Canik,

İlkadım ve Atakum tabaka olarak alınmıştır. Veri setinde ilçelere göre konut sayısının yüzde dağılımına Tablo 2’den ulaşılabılır. Daha öncede bahsedildiği gibi konutlar bakımından ilçeler kendi içinde homojen, birbirleri arasında heterojen bir yapıya sahip olup tabakalı örnekleme varsayımını sağlamaktadır. Ayrıca bu ilçeler çalışmada konut fiyatlarına etkisi olabileceği düşünülen bir faktör olarak da kullanılmıştır. Çalışmada konut fiyatlarına etkisi olabileceği düşünülen ve çalışmaya dâhil edilen değişkenler Tablo 1’de verilmiştir. Metre kare değişkeni hariç tüm açıklayıcı değişkenler kategorik olarak çalışmaya dâhil edilmiştir. Bu durumun nedeni Sahibinden.com sitesindeki konutların bazı nicel gibi görünen değişkenleri de belli durumlarda kategorize etmesidir. Örneğin; bina yaşı değişkeni nicel olarak alınabilirdi, ancak 5 ve 5 yaşından büyük konutların yaşları tam olarak siteden elde edilememektedir. Bunun yerine bina yaşları 5 ve 5’ten büyük olan konutların değerleri kategorize edilmiştir (5-10,11-15,16-20 vb.).

Tablo 1. Kullanılan Değişkenler

Değişken	Kod	Değişken	Kod	Değişken	Kod
İlçe	İlçe	Isıtma Türü	it	Otopark Olup-Olmaması	otop
Metre Kare	m ²	Site İçinde Olup-Olmaması	st	Otobüs Olup-Olmaması	ot
Banyo Sayısı	bs	Kim Tarafından Satılıyor?	sat	Dolmuş Olup-Olmaması	dol
Bina Yaşı	by	Asansör Olup-Olmaması	as	Tramvay Olup-Olmaması	tr
Binadaki Kat Sayısı	ks	Isı Yalıtım Olup-Olmaması	ıy	Denizi Görüp-Görmemesi	den
Dairenin Bulunduğu Kat Sayısı	bk	Çelik Kapı Olup-Olmaması	çk		

Hedonik modelleme regresyon analizi ile iç içe bir yöntemdir. Elde ki veri setinde 16 kategorik değişken olması ve bunlardan bazılarının çok fazla kategoriye sahip olmasından dolayı çok fazla kukla değişken tanımlanması gerekmektedir. Bu durum ise model üzerinde oldukça kötü sonuçlara sebep olabilir. Bu sorunu aşmak için öncelikle konut fiyatlarının söz konusu kategorik değişkenler bakımından farklı olup olmadığı uygun istatistiksel analizlerle incelenmiş ve sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kategorik Değişkenler Bakımından Fiyatlar

Değişken	Değişken Düzeyleri	Yüzde Dağılımı	Ortalama Fiyat	Standart Sapma	Test İstatistiği	P değeri
İlçe	Canik ^a	%5	143000	49801	57,124	,000* (Kruska l-Wallis H)
	İlkadım ^a	%35	144239	39011		
	Atakum ^b	%60	179843	47247		
Ebeveyn Banyosu	Yok	%43	133597	33790	5321	,000* (Mann-Whitney U)
	Var	%57	189178	42840		
Bina Yaşı	0 ^a	%51	183131	40652		,000* (Kruska l-Wallis H)
	1-4 ^a	%20	177425	53683		
	5-10 ^b	%8	139048	33825	129,39	
	11-15 ^b	%10	127737	26002		
	16-20 ^b	%6	117120	28538		
	21-25 ^b	%3	117846	23762		
Kat Sayısı	+26 ^b	%2	114583	29258		,000* (Kruska l-Wallis H)
	1-3 ^a	%3	139300	24115	47,49	
	4-6 ^a	%48	150757	46031		
Isıtma Türü	+7 ^b	%49	180976	45588		,007* (Kruska l-Wallis H)
	Soba ^a	%1	91000	27622	10,05	
	Doğalgaz ^b	%86	164195	46276		
Bulunduğu Kat	Merkezi Sistem ^b	%13	178901	54349		,000* (Kruska l-Wallis H)
	Bodrum ^a	%1	123000	38227	41,50	
	Giriş-Zemin ^a	%7	114846	31905		
	1-3 ^b	%47	165239	46522		
	4-6 ^b	%31	173942	46335		
Site İçerisinde mi?	+7 ^b	%14	174978	47490		,000* (Mann-Whitney U)
	Hayır	%70	158690	45023	20884	
Kim Satıyor?	Evet	%30	181231	50696		,001* (Kruska l-Wallis H)
	Sahibinden ^a	%13	156176	61164	14,10	
	İnşaat Firması ^b	%6	194318	35858		
Asansör Var mı?	Emlak Ofisi ^a	%81	165055	45580		,000* (Mann-Whitney U)
	Hayır	%14	119194	28085	15543,5	
Isı Yalıtım Var mı?	Evet	%86	172877	46259		,000* (Mann-Whitney U)
	Hayır	%21	125261	30226	4450	
	Evet	%79	176417	45959		,000* (Mann-Whitney U)

Değişken	Değişken Düzeyleri	Yüzde Dağılımı	Ortalama Fiyat	Standart Sapma	Test İstatistiği	P değeri
Çelik Kapı Var mı?	Hayır	%5	118500	30475	5509	,000*
	Evet	%95	167784	47439	(Mann-Whitney U)	
Otopark Var mı?	Hayır	%31	139927	43146	25059,5	,000*
	Evet	%69	177257	45386	(Mann-Whitney U)	
Otobüs Var mı?	Hayır	%18	156870	46977	12977,5	,090*
	Evet	%72	167438	47953	(Mann-Whitney U)	
Dolmuş Var mı?	Hayır	%15	177033	55348	8729,5	,144
	Evet	%85	163520	46259	(Mann-Whitney U)	
Raylı Sistem Var mı?	Hayır	%46	149602	47276	27009	,000*
	Evet	%54	179294	44099	(Mann-Whitney U)	
Denizi Görüyor mu?	Görmüyor	%65	155082	44285	24331,5	,000*
	Görüyor	%35	184797	48459	(Mann-Whitney U)	

* %99 güven düzeyinde konut fiyatının belirlenmesinde önemli bir faktördür.

** %90 güven düzeyinde konut fiyatının belirlenmesinde önemli bir faktördür.

Tablo 2’de gösterilen sonuçlar veri yapısı ile karşılaştırıldığında iktisadi beklentiler ile uyumlu çıkmıştır. Örneğin, İlçelere göre farklılık olma nedeni Atakum’un diğer ilçelere göre daha yeni ve genellikle sıfır konutlara sahip olmasıdır. Bu durum diğer ilçelere göre Atakum’da konut fiyatlarının daha yüksek olmasına neden olmuştur. Ayrıca daireyi satan kişi/kurum değişkeni de düzeylerine göre farklılık göstermiştir. Burada inşaat firmasının sahibinden ve emlak ofisine göre ortalama olarak daha yüksek fiyata sahip olma nedeni inşaat firmalarının genellikle sıfır konutları satıyor olmasıdır. Veri yapısındaki bu gerçekler Atakum ilçesinde ve inşaat firmaları tarafından satılan dairelerde ortalama fiyatın daha yüksek olması yönünde bir beklenti oluşturmuştur ve bu durumun gerçekleştiği sonuçlar incelendiğinde görülmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde çalışmaya dâhil edilen değişkenlerden sadece konutun çevresinden dolmuş geçip geçmemesi değişkeninin konut fiyatının belirlenmesinde önemsiz olduğu sonucuna varılmaktadır. Diğer 16 faktörün önemli olduğu ve söz konusu faktör düzeyleri bakımından konut fiyatlarının farklı olduğu sonucuna varılmıştır. Düzey sayısı üç ve üçten fazla olan faktörler (İlçe, Bina Yaşı, Binadaki Kat Sayısı, Dairenin Bulunduğu

Kat Sayısı, Isıtma Türü, Kim Tarafından Satılıyor?) için çoklu karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, bu faktörlerin binary şekilde tanımlanabileceği görülmüştür. Bu düşünceden hareketle veri setindeki bağımsız değişkenler (metre kare hariç) binary ölçülmüştür ve böylece tekrar kukla değişken tanımlanmasına gerek kalmamıştır. Söz konusu faktörlerin yeni düzeyleri Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Yeni Faktör Düzeyleri

Faktör Adı	Düzey 1	Düzey 2	Faktör Adı	Düzey 1	Düzey 2
İlçe	Diğer	Atakum	Bulunduğu Kat Sayısı	Bodrum-giriş	1+
Bina Yaşı	0-4	5+	Isıtma Türü	Soba	Kalorifer
Kat Sayısı	1-6	7+	Kim Satıyor	Diğer	İnşaat Firması

Hedonik modellemede 4 farklı model kullanılabileceğinden, elde edilen veri setine en iyi uyan model çeşitli kriterlere (Düzeltilmiş belirtme katsayısı, standart hata, Akaike Bilgi kriteri, Bayessian Bilgi Kriteri) göre seçilmiştir ve modellerin bu kriterler bakımından aldıkları değerler Tablo 4’de verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde veri setine en iyi uyan modelin Logaritmik-Doğrusal model olduğu görülmektedir. Bu nedenle söz konusu modelin sonuçları ile Samsun ili konut fiyatındaki değişim açıklanmaya çalışılmıştır. Bu model şu şekilde ifade edilebilir;

$$\ln(\text{fiyat}) = \beta_0 + \text{ilce} \beta_1 + m^2 \beta_2 + bs \beta_3 + by \beta_4 + ks \beta_5 + bk \beta_6 + ut \beta_7 + st \beta_8 + sat \beta_9 + as \beta_{10} + ty \beta_{11} + \text{çk} \beta_{12} + \text{otop} \beta_{13} + \text{ot} \beta_{14} + \text{tr} \beta_{15} + \text{den} \beta_{16}$$

Tablo 4. Olası Modellerin İncelenmesi ve Model Seçimi

Model	R ² _{Adj}	Std Hata	AIC Değeri	BIC Değeri	Durbin-Watson
Doğrusal-Doğrusal	,612	29523	9286,007	9361,606	2,065
Doğrusal-Logaritmik	,604	29800	9293,555	9369,153	2,063
Logaritmik-Doğrusal*	,674	,16635	-267,50	-191,901	2,028
Logaritmik-Logaritmik	,665	,16867	-265,566	-189,968	2,012

Bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler tanımlandıktan sonra Stepwise değişken seçme yöntemi ile regresyon analizi uygulanmıştır ve model varyans analizi tablosuna bakılarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur (p değeri $< 0,001$). Analiz sonucunda Samsun ili konut fiyatlarını açıklamada önemli olan faktörler tespit edilmiştir ve Tablo 5’te gösterilmiştir. Analize dâhil edilen 16 açıklayıcı değişkenden 10 tanesinin konut fiyatını açıklamada önemli olduğu sonucuna varılmış ve modelde yer almışlardır. Önemsiz bulunan değişkenler; ilçe, site içi olup-olmama, kim

tarafından satıldığı, ısı yalıtımı, çelik kapı ve otoparka sahip olması ile daha önce analiz dışı bırakılan konutun yakınından dolmuş geçiş-geçmemesidir.

Tablo 5. Konut Fiyatını Açıklamada Önemli Bulunan Faktörler

Önemli Faktörler	β_i	Std Hata	t değeri	P Değeri	VIF Değerleri
(Sabit)	10,521	,120	87,42	,000	---
Metre kare	,006	,000	11,56	,000	1,85
Bina yaşı	-,089	,025	-3,54	,000	1,83
Dairenin bulunduğu kat	,181	,034	5,38	,000	1,09
Tramvay olup-olmaması	,070	,018	3,86	,000	1,16
Asansör olup-olmaması	,077	,029	2,62	,009	1,44
Ebeveyn banyosu	,071	,024	2,99	,003	1,95
Binadaki kat sayısı	,043	,019	2,28	,023	1,26
Hangi ısıtma türüne sahip?	,229	,099	2,31	,021	1,06
Otobüs olup-olmaması	,053	,023	2,29	,022	1,11
Denizi görüp-görmemesi	,038	,019	1,99	,048	1,16

Tablo 5'te verilen faktörler ve elde edilen model Samsun ili merkez ilçelerde ki 3+1 odalı konut fiyatlarındaki değişimin %67,4'ini açıklamaktadır. Söz konusu model için tüm varsayımlar kontrol edilmiştir ve bu varsayımların sağlandığı tespit edilmiştir. Yani modelde Durbin-Watson değerine bakıldığında oto korelasyon olmadığı, korelasyon matrisi ve VIF değerlerine bakıldığında çoklu bağlantı olmadığı ve bağımlı değişken ile hataların normal dağıldığı belirlenmiştir. Nihai olarak Samsun ili merkez ilçelerinde 3+1 odalı konut fiyatlarının tahmin edilmesinde kullanılacak model Eşitlik (9)'da verilmiştir.

$$\ln Fiyat = 10,521 + 0,006 m^2 - 0,089by + 0,181 bk + 0,07tr + 0,077 as + 0,071 eb + 0,043ks + 0,229 it + 0,053 ot + 0,038den$$

Bu modelde faktörlerin değerleri yerlerine yazıldıktan sonra elde edilen değer ters logaritması alınarak konutun Türk Lirası cinsinden fiyatı tahmin edilmektedir.

Elde edilen bu model sayesinde önemli bulunan faktörlerin konut fiyatına olan marjinal katkıları da hesaplanabilir. Buna göre; bir metrekare fazla kullanım alanı için konut fiyatı 1006.02 TL artmaktadır. Bina yakınında tramvay durağı var ise 1072.51 TL, otobüs durağı varsa 1054.43 TL tutarında konut fiyatı artmaktadır. Ayrıca ısıtma türü olarak soba yerine kalorifer (Doğalgaz ya da merkezi sistem) olan dairelerin fiyatı da 1257.34 TL daha fazladır. Eğer daire ebeveyn

banyosu varsa 1073.58 TL, asansör varsa 1089,80 TL tutarında fiyat artmaktadır. Ayrıca dairenin bulunduğu kattan bağımsız olarak, binadaki kat sayısı da önemli bir faktör olarak göze çarpmaktadır. Binadaki kat sayısı 7 ve 7'den fazla olan binalardaki konut fiyatları, daha az katlı (1-6) konutlara göre 1043,94TL daha pahalıdır. Son olarak ekonomik beklentilere uygun olarak bina yaşı konut fiyatı üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. 5 yaşından büyük olan konutlar daha küçük yaştaki konutlara göre (0-4) 1093,08 TL daha ucuzdur. Son olarak denizi gören bir daire almak isteyen bir tüketici 1037.73 TL daha fazla ödeme yapmaya razı olmalıdır. Bu marjinal ödemeler sabit terim dahil diğer tüm katsayıların sıfır olduğu durum için geçerli olup, herhangi bir konutun özellikleri söz konusu olduğunda bir miktar değişmektedir. Örneğin 150 m², 0-4 yaşında, bodrum ya da giriş kat olmayan, tramvay ve otobüs durağına yakın, asansör ve ebeveyn banyosu bulunan, kalorifer ile ısınan ve apartmandaki kat sayısı 1-6 aralığında olan bir dairenin fiyatı modele göre eğer denizi görüyorsa 187212.57 TL, görmüyorsa 180231.97 TL olarak belirlenmektedir. Bu durumda denizi görmenin bedeli 6980.6 TL olmaktadır. Bu şekilde alınacak dairenin tüm özellikleri tek tek incelenerek daire özelinde var olan özelliklerin olmadığı durumla karşılaştırılması suretiyle marjinal ödenecek tutar hesaplanabilir.

Tüketici konutlarla ilgili internet ortamında konut özellikleri ve fiyatları ile ilgili araştırma yaparken bu işlemi hesap makinasıyla yapmaya çalışırsa zorlanacaktır ve çalışmanın ekonomiye bir katkısı olmayacaktır. Bu nedenle çalışmanın sonuçlarına dayanarak bir program yazılmıştır (URL 3). Yazarın web sayfasında bulunan ve kolayca indirilebilecek bu program ile satın alınacak konutun özellikleri girilerek, elde edilen model ile konutun piyasa değeri tahmin edilebilecektir. Böylece satıcı tarafından talep edilen fiyatın piyasa değerine göre yüksek olup-olmadığını kontrol etmek oldukça kolaylaşacak ve yapılan çalışma günlük hayata da bir katkı sağlamış olacaktır.

Yukarıda örnek olarak özellikleri verilen ve denizi görmesi halinde fiyatının ne kadar artacağı merak edilen konut ile ilgili Fiyat Tahmin Robotu ile işlemler kolay bir şekilde yapılabilecektir. Örnek ile ilgili robotun tahminleri Şekil 1'de verilmiştir.

Fiyat Tahmin Motoru

Metrekare m ²	150
Bina Yaşı	0
Daire Hangi Katta	2
Binadaki Kat Sayısı	5
Tramvay Var mı?	Evet
Asansör Var mı?	Evet
Ebeveyn Banyosu	Var
Isıtma Türü	Kalorifer
Otobüs Var mı?	Var
Denizi Görüyor mu?	Hayır
Dairenin Fiyatı	180.231,97 "

Program SAMSUN ili MERKEZ ilçelerinde bulunan 3+1 dairelerin fiyatlarını tahmin etmektedir.

Fiyat Tahmin Motoru

Metrekare m ²	150
Bina Yaşı	0
Daire Hangi Katta	2
Binadaki Kat Sayısı	5
Tramvay Var mı?	Evet
Asansör Var mı?	Evet
Ebeveyn Banyosu	Var
Isıtma Türü	Kalorifer
Otobüs Var mı?	Var
Denizi Görüyor mu?	Evet
Dairenin Fiyatı	187.212,57 "

Program SAMSUN ili MERKEZ ilçelerinde bulunan 3+1 dairelerin fiyatlarını tahmin etmektedir.

Şekil 1: Fiyat Tahmin Robotu ile bir konutun denizi görmesinin fiyatına etkisinin incelenmesi

4. SONUÇ

Samsun Karadeniz Bölgesi'nin ilk büyükşehir belediyesine ve ilk vakıf üniversitesine sahip bir kenttir. Tarihi öneminin yanı sıra bölgesinin sosyoekonomik ve kültürel olarak en gelişmiş şehridir. Samsun'da son yıllarda kentsel dönüşüm kapsamında kamu ve özel sektör eli ile çok sayıda yeni konut inşa edilmiştir. Bu binalar şehrin çehresini hızlı bir şekilde değiştirmiştir. Bu çalışmada da Samsun merkez ilçeleri konut fiyatları incelenmiş olup, söz konusu kentsel dönüşümden en az nasibini alan İlkadım ilçesi olmuştur. Özellikle TOKİ'nin yatırım yaptığı Canik ve çok sayıda inşaat firmasının son yıllarda art arda bina inşa ettiği Atakum nispeten daha yeni binalara sahiptir. Ancak bu yeni binalara sahip olma ortalama fiyat bakımından Canik ilçesini genellikle eski binaların olduğu İlkadım'ın önüne geçirememiştir. Bu durumun nedeni İlkadım'ın kentin tam merkezinde olması ve TOKİ binalarının malzeme ve işçilik anlamında ortalama bir kaliteye sahip olmasıdır. Ancak Atakum'da

inşa edilen dairelerin daha lüks yapılar olması, ilçeyi kentin cazibe merkezi haline dönüştürmekte ve fiyatları arttırmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre dairenin özelliklerine göre fiyatının hangi oranlarda değiştiği belirlenmektedir. Kullanılan model logaritmik bir model olduğundan elde edilen katsayılar aynı zamanda esneklik katsayılarıdır (Daşkıran,2015). Bu bağlamda dairenin bir metre kare daha büyük olması fiyatını %0,6 oranında arttırmaktadır. Bina yaşı 5 ve daha yüksek olan konutların fiyatı, 0-4 yaşındakilere göre %8,9 daha ucuzdur. Dairenin bulunduğu kat 1 ve üzeri olduğunda bodrum-zemin kattaki dairelere göre %18,1 daha pahalı olmaktadır. Konutun yakınında tramvay durağı olması fiyatı %7, otobüs durağı olması %5,3 arttırmaktadır. Dairenin asansöre sahip olması fiyatını %7,7, ebeveyn banyosuna sahip olması %7,1, kalorifer ile ısıtma sistemine sahip olması sobalı olmasına nispeten fiyatını %22,9 arttırmaktadır. Ayrıca denizi gören bir dairenin fiyatı da görmeyene göre %3,8 daha fazladır.

Ayrıca söz konusu bulgular için tüketicinin kolayca kullanabileceği basit bir program yazılmış ve yazarın web sayfasında (URL 3) yayınlanmıştır. Böylece çalışmanın bilimsel olmasının yanı sıra günlük hayata kolaylık sunarak ekonomiye de katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Söz konusu program 2016 yılı sonuna kadar yazarın sayfasında bulunacak olup, daha sonra güncelliğini kaybedeceği düşünüldüğünden kaldırılacaktır.

Samsun ili için bundan sonra yapılacak çalışmalarda, 3+1 oda sayısına sahip konutlar ve merkez ilçe kapsamı genişletilebilir ve bu çalışmada kullanılan bazı kısıtlar kaldırılarak çalışma güncellenebilir.

References

- Çetintahra G. E., Çubukçu E. (2012). Hedonik Fiyat Modeli İle Konut Fiyatları Üzerine Yapılan Araştırmalar Üzerine Bir Literatür Taraması, Planlama Tmmob Şehir Plancıları Odası Yayını.
- Daşkiran F. (2015), Denizli Kentinde Konut Talebine Etki Eden Faktörlerin Hedonik Fiyatlandırma Modeli İle Tahmin Edilmesi, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi.
- Kain J. F., Quigley J. M. (1970), Measuring the Value of Housing Quality, *Journal of the American Statistical Association*.
- Kaya A. (2012), Türkiye’de Konut Fiyatlarını Etkileyen Faktörlerin Hedonik Fiyat Modeli İle Belirlenmesi, Uzmanlık Yeterlilik Tezi Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası.
- Kördiş G., Işık S., Mert M. (2014), Antalya’da Konut Fiyatlarını Etkileyen Faktörlerin Hedonik Fiyat Modeli İle Tahmin Edilmesi, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi.
- Yankaya U., Çelik H. M. (2005), İzmir Metrosunun Konut Fiyatları Üzerindeki Etkilerinin Hedonik Fiyat Yöntemi İle Modellenmesi, D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi.
- Yayar R., Gül D. (2014), Mersin Kent Merkezinde Konut Piyasası Fiyatlarının Hedonik Tahmini, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.
- Yayar R., Karaca S. S. (2014), Konut Fiyatlarına Etki Eden Faktörlerin Hedonik Modelle Belirlenmesi: TR83 Bölgesi Örneği, Ege Akademik Bakış.
- Ridker R. G., Henning J. A. (1967), The Determinants of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution, *The Review of Economics and Statistics*
- Rosen S. (1974), Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition, *Journal of Political Economy*.
- Üçdoğruk Ş. (2001), İzmir İlinde Emlak Fiyatlarına Etki Eden Faktörler-Hedonik Yaklaşım, D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi.
- URL 1- http://tuikapp.tuik.gov.tr/DIESS/FileDownload/Yayinlar/Siniflamalar/IBBS,_2005.pdf
- URL 2- [http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/97520c28-89d2-4d26-9717-d68e3ee42fc8](http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/97520c28-89d2-4d26-9717-d68e3ee42fc8/KFE-Tablo.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=97520c28-89d2-4d26-9717-d68e3ee42fc8)
- URL 3- <https://personel.omu.edu.tr/tr/hasan.bulut/hedonik-model>



2015.03.02.STAT.07

TIME SERIES ANALYSIS AND FORECASTING FOR AIR POLLUTION IN ANKARA: A BOX-JENKINS APPROACH

Duygu TURGUT *

İzzettin TEMİZ †

*Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Gazi University, Ankara
Assoc. Prof. Dr., Faculty of Maritime, Department of Maritime Business Administration, Mersin University, Mersin*

Received: 23 October 2015

Accepted: 28 December 2015

Abstract

Despite the existing public and government measures for monitoring and controlling of air quality in Ankara, in many regions, air quality is not satisfactory. In this paper, PM10 data obtained from Monitoring and controlling of air quality station of Environment and Urban Ministry in Ankara-Sıhhiye. PM10 is a mixture of solid particles and liquid droplets suspended in the atmosphere, which is an abbreviation of particulate matter. This representation contains many pollutants, such as fossil fuels, waste and secondary aerosols, dust and smoke. PM10 leads to many health problems including asthma and premature death. Time series analysis was implemented to the PM10 data by using Box-Jenkins Methodology and the potential future value of PM10 was forecasted consequently in the future PM10 values will be as high as the past values in Sıhhiye, Ankara.

Keywords: Air Pollution, PM10, Box-Jenkins, ARIMA.

Jel Code: C22, C53, Q53

ANKARA'DAKİ HAVA KİRLİLİĞİ İÇİN ZAMAN SERİLERİ ANALİZİ VE TAHMİN: BOX-JENKİNS YAKLAŞIMI

Özet

Ankara'nın pek çok semtinde hava kalitesi kontrol ve ölçüm istasyonları olmasına ve hava kalitesi ölçümüyle ilgili çalışmalar yapılmasına rağmen, hava kalitesi istenilen seviyelerde değildir. Bu çalışmada, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Ankara-Sıhhiye'deki hava kalitesi ölçüm istasyonundan alınan PM10 hava kirleticisine ait veriler incelenmiştir. PM10, atmosferde asılı duran katı partiküllerin ve sıvı damlacıkların bir karışımı olan partiküler maddenin kısaltmasıdır. Toz, duman, fosil yakıt artığı ve ikincil aerosoller gibi pek çok kirleticiyi içeren bu gösterim, astım ve erken ölümü de içeren pek çok sağlık sorununa neden olmaktadır. Bu PM10 verilerine Box-Jenkins Metodolojisi uygulanarak zaman serileri analizi yapılmış ve PM10 kirleticisinin gelecekte alacağı değerler tahmin edilmiştir. Gelecekte de PM10 hava kirleticisi değerinin Sıhhiye-Ankara'da yüksek olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Hava Kirliliği, PM10, Box-Jenkins, ARIMA

Jel Kodu : C22, C53, Q53

* duygu.turgut1990@hotmail.com

† itemiz@gazi.edu.tr (Corresponding author)

1. GİRİŞ

Günümüzde hava kirliliği, sanayi, araç kullanımı ve ısınma gibi problemler nedeniyle artan fosil yakıt kullanımı yüzünden insan ve çevre sağlığını büyük ölçüde tehdit etmektedir. Birçok ülke hem ulusal hem de uluslararası anlaşmalarla hava kirliliğini azaltma yönünde çalışmalar yapmaktadırlar. Türkiye’de bu önlemleri almaya çalışan bir ülkedir. Bunun için ülke genelinde pek çok şehirde Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yetkili olduğu Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları kurulmuştur. Bu istasyonlardan saatlik veriler toplanmakta ve analiz edilmektedir. Ankara’nın pek çok semtinde önemli noktalarda istasyonlar mevcuttur. Bu istasyonlardan biri de Sıhhiye’de trafiğin ve kirliliğin çok yoğun olduğu merkez bir noktada bulunmaktadır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 28 Şubat 2014 tarihinde, 2013 yılına ait Hava Kalitesi Haber Bülteninde [1] yapılan açıklama ile Türkiye’de 2013 yılı boyunca en yüksek PM10 kirliliğinin Ankara-Sıhhiye istasyonunda ölçüldüğü belirtilmiştir. Bu da Ankaralıların sağlığı tehdit etmektedir. Buna ek olarak Kimya Mühendisleri Odasının, 1 Mart 2014 tarihli Basın Açıklamasında da bu konuya değinilmiş ve acilen yetkililerce önlem alınması gerektiğinden bahsedilmiştir.

Elde edilen bu bilgilerden ve uyarılardan yola çıkarak Ankara’nın Sıhhiye istasyonu ve hava kirleticilerinden PM10 kirleticisinin bu çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir. Sıhhiye istasyonunun seçilmesindeki bir başka neden ise en fazla sayıda hastanenin ve hastanın Sıhhiye semtinde bulunmasıdır. Buradaki hava kirliliğinin hastalar açısından daha ciddi etkilere sebep olabileceği gerçeğidir.

PM10 kirleticisi, partiküler maddenin gösterimidir. Partiküler madde atmosferde asılı bulunan katı partiküllerin ve sıvı damlacıkların bir karışımıdır. Toz, duman, is gibi bazı gözle görülebilir partiküller ve gözle görülemeyenler dahil pek çok kaynaktan oluşur. Bunlara örnek vermek gerekirse: fosil yakıt artığı, polenler, yerden kalkan tozlar, inşaat ve endüstrinin neden olduğu tozlar, azot, sülfür ve amonyak oksitlerinin havada reaksiyonu ile oluşan ikincil aerosoller vb. PM10 kısaltmasındaki 10 değeri ise aerodinamik çapları 10 µm’den daha küçük olan partikülleri gösterir ve bu partiküller çok ince partiküller olarak adlandırılır. PM10 kirleticileri akciğerlerin derinliklerine nüfuz ederek astıma ve erken ölümü de içeren pek çok ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır[16]. Bu nedenle bu çalışmada PM10 değeri üzerinde durulmuştur.

Ülkemizde çevre sağlığı konusunda geçmişte yapılan çalışmalar incelendiğinde görüyoruz ki: Çevre sağlığı konusuna ilk olarak 1930 yılında kabul edilen 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu’nun 268-275. maddelerinde değinilmiştir. 1957 yılında gündeme gelen Ankara’daki

hava kirliliği, farklı hükümet programlarında yer almıştır. 9 Ağustos 1983 tarihinde 2873 sayılı Çevre Kanunu yürürlüğe girmiştir. Bu kanun; çevrenin korunması, iyileştirilmesi, kırsal ve kentsel alanlarda arazinin ve doğal kaynakların en uygun şekilde kullanılması, doğal ve tarihsel zenginliklerin korunarak bugünkü ve gelecek kuşakların sağlık, uygarlık düzeylerini korumak amacıyla alınacak önlemler ve düzenlemeleri kapsamaktadır[7]. Ankara, başkent olması nedeniyle 1950’lerden itibaren hızla bir iç ve dış göçe uğramış, hızlı nüfus artışı ve plansız kentleşme nedeniyle birçok çevre sorunları meydana gelmeye başlamıştır. Ayrıca Ankara’nın topografik yapısı, rüzgâr ve yağış gibi nedenler de hava kirliliğinin hızla artmasına sebep olmuştur. Ankara’daki hava kirliliğinin temel nedenleri: Endüstriyel ve sanayileşmeden kaynaklanan hava kirliliği, ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliği, taşıma araçlarında kullanılan yakıtların yanmasıyla oluşan hava kirliliği, hızla artan kentleşme ve orman alanlarının azalmasından doğan hava kirliliğidir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Sungur 1977, çalışmasında Ankara’da hava kirliliğinin en önemli klimatolojik nedeninin şehrin üzerinde oluşan ısı evirmesi olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca ısı evirmesinin etkisini azaltmak veya ortadan kaldırmak için zeminin ısıtılmasının önemi belirtilmiştir[19].

Durmaz vd. 1993, çalışmalarında Ankara’daki hava kirliliği sorununu ele alarak, teknik ve tekno-ekonomik yönden değerlendirmişler, ileriye dönük olarak uygun yakıt ve yakma sistemlerinin belirlenmesine yönelik kistaslar üzerinde durmuşlardır[10].

Çuhadaroğlu ve Demirci 1997, çalışmalarında Trabzon şehrinde hava kirleticilerden SO₂ ve parçacık madde ile meteorolojik parametrelerden sıcaklık, rüzgâr hızı ve bağıl nem arasındaki ilişkiyi SPSS programını kullanarak analiz etmişlerdir. Bu ilişkinin orta ve zayıf düzeyde olduğu belirlenmiştir[8].

Sungur ve Gönençgil 1997, araştırmalarında hava kirliliğinde rüzgar, türbülans, ısı evirmesi, sıcaklık, nispi nem ve yağışın etkilerini ortaya koymuşlar. Özellikle yüksek basınç koşulları, ısı evirmesi ve rüzgârsızlığın havaya katılan kirleticilerin uzaklaşmasını engelleyerek kirlilik yoğunluğunda artışa neden olduğunu belirtmişlerdir[20].

Mayer 1999, Almanya’nın Stuttgart şehrinde hava kirleticilerden NO, NO₂ ve O₃ değerlerini ele aldığı makalesinde, motorlu taşıtlardan yayılan kirleticilerin bütün dünyada en önemli kirletici kaynağını oluşturduğunu belirtmiştir. Bu kirleticilerin zaman serileri ve eğilimlerinin hesaplandığı çalışmada dünyadaki büyük

şehirlerdeki hava kalitesi hakkında genel niceliksel değerlendirmeler yapılmıştır[20].

Bouhamra ve Abdul-Wahab 1999, Kuveyt Üniversitesine ait gezici hava kirliliği ölçme laboratuvarı tarafından toplanan verilerin istatistiksel analizini yaptıkları çalışmada trafiğin yoğun olduğu Mansouriya yerleşkesi seçilmiştir. Kirleticilerden CO , NO , NO_2 ve O_3 değerleri, meteorolojik parametrelerden ise sıcaklık, bağıl nem, basınç, solar radyasyon, rüzgâr hızı ve yönü ele alınmıştır. Çalışmada kirletici seviyelerinin, ABD Çevre Koruma Ajansı'nın yerleşim alanları için tavsiye ettiği limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir[4].

Comrie ve Diem 1999, çalışmalarında ABD'nin batısında yüksek hava kirliliğinin çeşitli hava tipleriyle ilişkili olduğunu saptamışlar, yüksek basınca bağlı sakin hava koşullarının kirlilik üzerinde etkili olduğunu belirlemiştir[6].

Çiçek vd. 2004, çalışmalarında Ankara'daki hava kirliliğinin istatistiksel analizini yapmışlardır. Bunun için Kasım 2001 ve Nisan 2002 dönemindeki hava kirliliği ölçüm verilerini kullanmışlardır. Hava kirliliğine neden olan elemanlarla, sıcaklık, rüzgâr hızı ve nemlilik gibi iklim elemanları arasındaki ilişkiyi SPSS Programını kullanarak analiz etmişlerdir. Çoklu regresyon analizi ile elde ettikleri sonuçlarla başlıca hava kirleticileri ile iklim elemanları arasında orta derecede ilişki tespit etmişlerdir[7].

Roberts 2004, çalışmasında Illinois ve Pennsylvania eyaletlerinde 1987-1994 zaman periyodundaki ölüm oranları üzerindeki partiküler hava kirliliğini, sıcaklıkla katmanlaştırarak ve hava kirliliği-sıcaklık etki yüzeyleri bağlantısını kullanarak yaptıkları analizde günlük ortalama sıcaklık ve günlük partiküler hava kirliliği arasında etkileşim tespit etmişlerdir. Bu etkileşimin, hava kirliliği kaynaklı ölüm oranlarının üzerindeki etkisine dikkat çekmişlerdir[17].

Wilson vd. 2004, çalışmalarında 1998-2000 yılları arası Portland, Maine ve 1996- 2000 yılları arasında Manchester, New Hampshire kentlerinde hastanelerin acil servislerine solunum ve astım şikâyetleri ile başvuranların sayılarıyla hava kirleticilerinden sülfür dioksit ve ozonun günlük miktarları ve hava değişiminin arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Mevsimsel etki, tüm değişkenlerden parametrik olmayan yumuşatılmış fonksiyon (LOESS) kullanılarak çıkartılmıştır. Sülfür dioksitin ve ozonun ayrı ayrı çeyrekler arası yükselmesinin, acil servislerde solunum hastalarının sayısını %5 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir[21].

Lee vd. 2007, çalışmalarında hava kirliliğinin, Londra'daki erken doğumlar üzerindeki kısa dönem etkilerini zaman serileri regresyon teknikleri ile analiz etmişlerdir. 13 yıl süren bu çalışma sonucunda hiçbir ilişki tespit edilememiştir[14].

Doğan ve Kitapçioğlu 2007, çalışmalarında İzmir ilinin, 1989-2004 yılları arası Hava kirliliği ortalama değerlerini Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı kış sezonu hava istatistiklerinden elde ettikleri verilerle tek değişkenli zaman serisi analizi, eğilim eğrisi anlamlılığı testi ve eğilimler arası kırılmanın anlamlılığı testini yapmışlardır. Hava kirleticileri ile ilgili gözlenen düşüşleri istatistiksel olarak anlamlı bulmuşlardır[9].

Anttila ve Tuovinen 2010, çalışmalarında 1994-2007 periyodunda Finlandiya'daki hava kirleticilerinin atmosferik yoğunluklarının trendini hesaplamışlardır. Bunun için ARMA ve en küçük kareler regresyonu yöntemlerinden yararlanmışlardır. Yıllık veriler yerine aylık verilerden yararlanarak en zayıf trendlerin bile belirlenmesini sağlamışlar[2].

Zhang vd. 2011, çalışmalarında, Çin'in Beijing kentinde hava kirleticiler ile Alerjik Rinit şikâyetiyle hastanelere başvuranlar arasındaki yüksek derecede doğrusal olmayan ve durağan olmayan etki-tepki ilişkisini genelleştirilmiş toplamsal model (GAM) ile 2009-2010 periyodu için zaman serileri analizini yapmışlar. Bunun sonucunda hava kirliliği ile Alerjik Rinit şikâyetleri arasında yüksek ilişkinin varlığını belirlemiştir[23].

Ivanov vd. 2014, çalışmalarında Bulgaristan'ın Blagoevgrad şehrindeki hava kirleticilerini faktör analizi yöntemiyle gruplandırıp, şehirdeki hava kalitesini Box Jenkins mevsimsel ARIMA modeliyle analiz etmişlerdir. Sundukları istatistiksel modelin kısa dönem karmaşık olmayan hava kirliliği tahmin modellerinde etkili çözüm verdiğini belirtmişlerdir[12].

Santos vd. 2014, çalışmalarında Ocak 2005'ten Aralık 2010'a kadar olan periyotta Brezilya'nın güneydoğusundaki hava kirleticileri ile 6 yaşından küçük çocukların hastanelere başvuruları arasındaki ilişkiyi belirlemek için çevreyle ilgili zaman serisi analizi yapmışlardır. Bunun için ARMA yönteminden yararlanmışlardır. Hava kirleticileri ve hastaneye başvuran 6 yaşından küçük çocuklar arasındaki ilişki riskinin genelleştirilmiş toplamsal mevsimsel otoregresif model kullanıldığında %3 arttığı, normal genelleştirilmiş toplamsal model kullanıldığında artışın %2 olduğunu saptamışlardır[18].

3. UYGULANAN METODOLOJİ

3.1. Box-Jenkins Tahmin Modelleri

Box-Jenkins metodu tek değişkenli bir model olarak geleceği tahmin etme metodlarından biridir. Kısa dönem tahmininde oldukça başarılı olan bu metodun uygulandığı serinin, eşit zaman aralıklarıyla elde edilen gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olması bu metodun önemli bir varsayımdır. Bu tür serilerde durağanlık kavramı da Box-Jenkins metodunun önemli varsayımlarındandır. Box-Jenkins metodunun ihtiva ettiği

modeller; zamana bağlı tesadüfi karakterde olaylar ve bu olaylarla ilgili zaman serilerinin ise stokastik süreç olduğu varsayımına bina edilerek geliştirilmiştir. Ayrıca iç bağımlılık en etkili biçimde dikkate alınmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı Box-Jenkins modellerine doğrusal durağanstokastik modeller denmektedir. Box-Jenkins modelleri üç grupta incelenebilir. Bunlar; doğrusal durağan stokastik modeller, durağan olmayan doğrusal stokastik modeller ve mevsimlik modellerdir[3].

Box Jenkins Model belirleme Adımları:

1. Genel model sınıfının belirlenmesi,
2. Geçici model sınıfının belirlenmesi,
3. Belirlenen geçici modelin parametrelerinin tahmini,
4. Parametreleri hesaplanan geçici modelin verilere uygunluğunun testi,
5. Eğer model verilere uygunsa, modelin tahmin için kullanılması,
6. Eğer model verilere uygun değilse aynı model sınıfından başka bir model için işlemlerin tekrarlanması.

3.1.1. Doğrusal Durağan Stokastik Modeller

Doğrusal durağan stokastik modeller istatistiksel bir dengeyi ifade etmektedir. Gözlem değerleri sabit bir ortalama etrafında değişim gösterir[13].

3.1.1.1. Otoregresif Model [AR(p)]

Bir AR modelinde, bağımlı değişken geçmişteki değerinin bir fonksiyonudur. Birçok zaman serisi verisi de bu süreci içermektedir. Bu durum aşağıdaki gibi bir denklemle ifade edilebilir.

$$x_t = a + a_1 * x_{t-1} + a_2 * x_{t-2} + \dots + \varepsilon$$

Burada, a , sabit terimi temsil ederken a_1 gibi katsayılarda gecikmeli değerlerin şimdiki değerle olan ilişkisini temsil eder. Ayrıca ε hata terimi de rassal şokları tanımlamaktadır. Otoregresif süreç genel olarak $AR(p)$ şeklinde ifade edilir.

3.1.1.2. Hareketli Ortalama Modeli [MA(q)]

Eğer serinin gecikmeli hata terimi, şimdiki hata terimini etkiliyorsa hareketli ortalama süreci tanımlanır. Bir hareketli ortalama sürecinde değişkenin tahmin değeri hata terimlerinin tahmin değeri ile ilgilidir. Bir hareketli ortalama süreci,

$$x_t = e_t - a_1 e_{t-1} - \dots - a_n e_{t-n}$$

Şeklinde ifade edilebilir. Genel olarak hareketli ortalama süreci $MA(q)$ şeklinde ifade edilir. Hareketli ortalama sürecinde, her bir gecikmeli hata terimi onun şimdiki değerini etkilemektedir.

3.1.1.3. Otoregresif Hareketli Ortalama Modeli [ARMA(p, q)]

Zaman serisi modellerinde esneklik sağlamak için en az sayıda parametre kullanma ilkesini gerçekleştirmek amacıyla bazı hallerde modele hem otoregresif hem de hareketli ortalama parametrelerinin alınması birçok faydalar sağlamaktadır. Bu düşünce $ARMA(p, q)$ modelini ortaya çıkarmıştır[13]. Bu modelin, bir zaman serisinin herhangi bir t dönemine ait $X(t)$ gözlem değeri, ondan önceki belirli sayıda $x_{(t-1)}, x_{(t-2)}, \dots, x_{(t-p)}$ gözlem değerlerinin ve $a_t, a_{t-1}, \dots, a_{t-q}$ hata terimlerinin doğrusal birleşiminden meydana gelmektedir. $ARMA(p, q)$ sürecinin genel ifadesi:

$$a_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (1)$$

$$x_t - (\phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p}) = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2)$$

şeklinde yazılır.

3.1.2. Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik Modeller [ARIMA(p, d, q)]

Durağan olmayan bir zaman serisini durağan hale getirmek için ihtiyaç durumuna göre serinin genellikle 1 veya 2 defa farkı alınır. Fark alma derecesi d ile gösterilir. Durağan olmayıp farkı alınarak durağan hale getirilmiş serilere uygulanan modellere durağan olmayan doğrusal stokastik modeller veya kısaca bütünleşmiş modeller denir[5].

Bu bütünleşmiş modeller belirli sayıda farkı alınmış serilere uygulanan AR ve MA modellerinin birleşimidir. Eğer AR modelinin derecesi p , MA modelin derecesi q ve serinin de d kez farkı alınmışsa bu modele (p, d, q) dereceden otoregresif bütünleşik hareketli ortalama modeli denir ve $ARIMA(p, d, q)$ şeklinde gösterilir[5]. $ARIMA(p, d, q)$ modelinin genel ifadesi

$$w(t) = \phi_1 w(t-1) + \phi_2 w(t-2) + \dots + \phi_p w(t-p) + a(t) - \theta_1 a(t-1) - \theta_2 a(t-2) - \dots - \theta_q a(t-q) \quad (3)$$

şeklinde dir. Bu ifadede (5) eşitliğindeki $x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-p}$ gözlem değerlerinin yerini, farkı alınmış $w_t, w_{t-1}, \dots, w_{t-p}$ gözlem değerleri almıştır. Yani $\Delta dx_t = w_t$ dir. Burada:

Δ = Fark alma operatörü,

d = Fark alma derecesi,

$w_t, w_{t-1}, \dots, w_{t-p}$ = Farkı alınmış seri. Fark derecesi $d = 0$ ise zaten seri durağandır. Eğer $d = 1$ ise,

$$\Delta x_t = w_t = x_t - x_{t-1} \quad (4)$$

veya geriye öteleme operasyonu ile,

$\Delta x_t = w_t = (1 - B)x_t$ şeklinde yazılır. Bu ifade d dereceye genelleştirilirse,

$$\Delta dx_t = w_t = (1 - B)dx_t \quad (5)$$

şeklini alır (Bircan ve Karagöz, 2003).

3.2. Durağanlık Testi:

Zaman serileri çözümlemesinde serilerin durağan olması önemlidir. Bir seri eğer durağan değilse farklı veri setlerinde farklı görüntüler sergiler. Bu durumda serinin davranışı diğer dönemlere genellenemez ve geleceği tahmin etmek için yararlı olmaz. Durağanlık aranan bir özellik olduğuna göre, elimizdeki bir zaman serisinin durağan olup olmadığını bilmek isteriz. Uygulamada bir serinin durağan olup olmadığını anlamak çeşitli biçimsel ve biçimsel-dışı yöntemlere konu olur[22].

Bir serinin durağan olup olmadığını anlamının bir yöntemi; korelogram grafiğinin incelenmesidir. Otoregresif süreci gösteren bu korelogramlarda durağan olmayan serilerde istatistiksel olarak sıfırdan anlamlı derecede büyük ve düzenli azalan otoregresif değerler olduğu görülür. Durağan serilerde tüm otoregresif değerlerin sıfıra yakın çıkması beklenir.

Serinin durağan olup olmamanın sınanmasının bir diğer ve en yaygın kullanılan yolu Dickey-Fuller (DF) Birim Kök Sınamasıdır. DF sınamasını uygulamak, olası birim kök sürecinin doğasına ilişkin bazı seçimler yapmayı gerekli kılar. Dolayısıyla, sınama için, aşağıdaki dört ayrı belirtim kullanılabilir:

Sabit terim olmadan: $\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t$

Sabit terim ile: $\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t$

Sabit terim ve eğilim: $\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t$

Sabit terim ve üstel eğilim: $\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 t^2 + \delta Y_{t-1} + u_t$

Yukarıdaki belirtimlerden hangisinin kullanılacağına görsel inceleme sonunda karar verilir.

DF sınamasında u_t 'nin otoregresif olmadığı varsayılmaktadır. Bu çoğunlukla geçerli olmadığı için, yukarıda gösterdiğimiz model belirtimlerinin sonlarına ΔY_t 'nin gecikmeli değerleri eklenerek sınama genişletilmiştir. Bu yeni sınamaya "Genişletmeli Dickey-Fuller" (Augmented Dickey-Fuller) ya da kısaca "ADF" sınaması denir. Sabit terimsiz ADF sınama belirtimi şöyledir:

$$\Delta Y_t = \delta Y_t - 1 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i} + u_t$$

Buradaki gecikme derecesi m genellikle Akaike gibi bilgi ölçütlerine dayanılarak, yaklaşık olarak belirlenmektedir. DF ve ADF sınamalarında Y_{t-1} 'in önündeki δ değişkeni büyük örneklerde bile t dağılımını izlememektedir.

Dickey ve Fuller, δ 'nın örneklem dağılımına τ (tau) adını vermiş ve buna ait kritik değerleri Monte Carlo yöntemi ile bulmuşlardır. Dolayısıyla, ADF sınamasının adımları şöyledir:

Sınanacak zaman serisi incelenir ve var olduğu düşünülen olasılıksal sürece uygun sınama belirtimi

seçilir. Model tahmin edilir ve aşağıdaki t istatistiği hesaplanır.

$$\tau = \frac{\delta}{\text{ö}h(\delta)}$$

Sıfır ön savı $H_0: \delta = 0$ ve karşıt ön sav ise $H_1: \delta < 0$ şeklindedir. Diğer deyişle ADF tek kuyruklu bir sınamadır. Hesaplanan sınama istatistiği çizelgeden bulunan kritik τ değerinden büyükse, birim kök sıfır ön savı reddedilir[22].

Dickey- Fuller testindeki yapısal kırılmalar vardır ve seriler üzerinde trendin etkisini ve bu trende bağlı olarak ortaya çıkabilecek hata terimlerinin standart hatasının farklı olmasına bağlı etkiler yoktur. Bu eksiklik Phillips ve Perron tarafından eleştirilmiştir ve yazarlar literatürdeki "Phillips-Perron Testi" olarak bilinen birim kök testini geliştirmişlerdir.

Dickey-Fuller Testi hata terimlerinin istatistiki olarak bağımsız olduklarını ve sabit varyansa sahip olduklarını varsayar. Bu metodoloji kullanılırken hata terimleri arasında etkileşimin olmadığına ve sabit varyansa sahip olduklarına emin olmak gerekir. Phillips ve Perron (1988) Dickey-Fuller'ın hata terimleri ile ilgili olan bu varsayımını genişletmişlerdir[11]. Bu durumu daha iyi anlamak için şu regresyon dikkate alınır.

$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + \mu_t$$

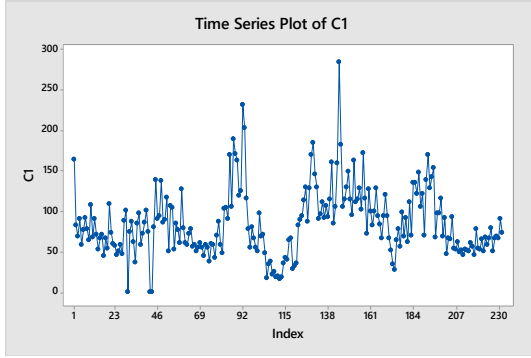
$$Y_t = a_0 + a_1 Y_{t-1} + a_2 \left(t - \frac{T}{2} \right) + \mu_t$$

Burada T gözlem sayısını μ_t hata terimlerinin dağılımını göstermekte olup, bu hata teriminin beklenen ortalaması sıfıra eşittir. Fakat burada hata terimleri arasında içsel bağlantının olmadığı veya homojenlik varsayımı gerekli değildir. Bu açıdan bakıldığında Dickey-Fuller testinin bağımsızlık ve homojenite varsayımları Phillips-Perron testinde terk edilmiş hata terimlerinin zayıf bağımlılığı ve heterojen dağılımı kabul edilmiştir. Böylece Phillips-Perron, Dickey-Fuller t istatistiklerini geliştirmesinde hata terimlerinin varsayımları konusundaki sınırlamaları dikkate almamıştır[11].

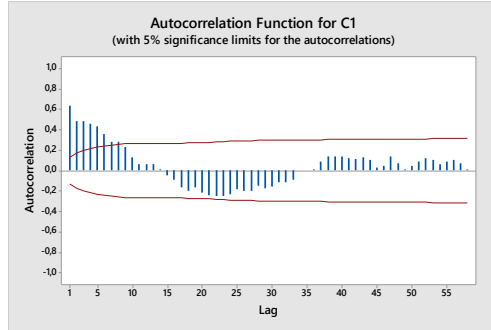
4. UYGULAMA

Bu çalışmada, Ankara Sıhhiye istasyonundan ölçülen hava kirliliğine ilişkin PM10 verilerinin 1 Ocak 2010'dan 31 Ekim 2014'e kadar haftalık toplam 232 veri kullanılmıştır.

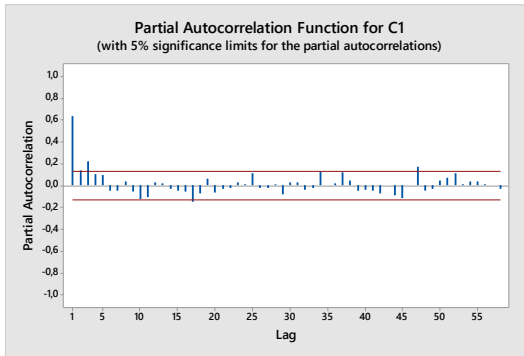
İlk önce 232 veriden oluşan zaman serisinin karakteristiğinin incelenmesi için Minitab paket programı kullanılarak zaman serisi grafiği elde edilmiştir (Şekil 1). Ardından ayrıntılı inceleme için zaman serisinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri oluşturulmuş ve incelenmiştir (Şekil 2-3).



Şekil 1. Zaman Serisinin Grafiği



Şekil 2. Zaman Serisinin Otokorelasyon Grafiği



Şekil 3. Zaman Serisinin Kısmi Otokorelasyon Grafiği

Zaman serisinin grafiği, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyonları incelendiğinde serinin durağan olduğu ve varyansında bir değişme olmadığı sonucuna varılmıştır. Serinin durağanlığının ispat edilmesi için zaman serisine Genişletilmiş Dickey-Fuller Birim Kök Testi, EViews paket programı kullanılarak uygulanmıştır.

$H_0: \delta = 0$ eğer $t\delta > \tau$ ise durağan dışıdır.

$H_1: \delta < 0$ eğer $t\delta < \tau$ ise durağandır.

Tablo 1. Dickey-Fuller Birim Kök Testi Sonucu

Test critical values	t-Statistic
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.167251
1% level	-3.998635
5% level	-3.429570
10% level	-3.138293

Dickey-Fuller Birim Kök testine göre kritik değerler, istatistik değerinden büyük oldukları için H_0 hipotezi reddedilmiştir. Yani zaman serisi durağandır veya birim kök içermemektedir.

Zaman serisinin geçici modelini belirlemek için otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri incelendiğinde; otokorelasyonların azaldığı, kısmi otokorelasyonların da 3. Gecikmeden sonra kesildiği görülmektedir. Otokorelasyonların azalıyor olması ve kısmi otokorelasyonların da p gecikmeden sonra kesilmesi $AR(p)$ modeli olduğunu göstermektedir. Zaman serisinin geçici modeli $AR(3)$ veya $ARIMA(3,0,0)$ modelidir. En az parametrelili en uygun modeli belirlemek için $AR(1)$, $AR(2)$, $AR(3)$, $ARMA(1,1)$ modelleri ile çözülmüş ve sonuçları Tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Modellerin Uygunluğunu Karşılaştırma Tablosu

	R-Squared	AIC	SIC	Likelihood	Chi-Square
$ARIMA(1,0,0)$	0.412558	9.745194	9.774999	-1123.570	36,5
$ARIMA(3,0,0)$	0.457745	9.690866	9.750844	-1105.604	23,8
$ARMA(1,1)$	0.436051	9.713039	9.757746	-1118.856	31,9

Tabloda istatistiksel anlamlılık ve durağanlık koşullarını sağlayan modeller listelenmiştir. Daha iyi sonuç elde edilebilir mi diye düşünülerek serinin 1. Dereceden farkı alınarak da işlemler yapılmıştır fakat istatistiksel olarak anlamsız parametrelerin çıktığı görülmüştür. Zaman serisi durağandır ve fark almak daha iyi sonuç vermemektedir. $AR(2)$ Modelinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendiği için elenmiştir. Modeller karşılaştırma yapılırken kullanılan kriterler;

- ✓ Minimum SIC
- ✓ Maksimum R KARE
- ✓ Minimum AIC
- ✓ Maksimum Likelihood

Bu kriterleri sağlayan en iyi modelin $AR(3)$ yani $ARIMA(3,0,0)$ modeli olduğu görülmektedir

Model belirlendikten sonra $AR(3)$ modeli ile 232 geçmiş veri kullanılarak Kasım 2014, Aralık 2014 ve Ocak 2015 için tahminde bulunmak amacıyla 232'den 244'e kadar olan veriler Eviews paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. (Şekil 5-Şekil 6)

Q İstatistiği Uygunluk testi yapılarak hata terimlerinin birbirinden bağımsız olduğu sonucuna varılmıştır. Hata terimleri normal dağılıma uymaktadır (Şekil 4).

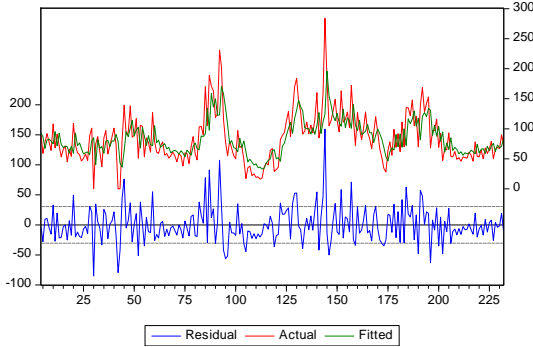
Q istatistiği: $H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$,

H_1 : En az bir $\rho_j \neq 0$ Q(k) değişkeni $< \chi^2$ kare değişkeninden olursa H_0 hipotezi kabul edilir yani hata terimleri birbirinden bağımsızdır.

$Q(53) = 57,154 < \chi^2_{(0,95,50)} = 67,50$
olduğundan H_0 hipotezi kabul edilmiştir. (Şekil 4)

43	0.074	0.066	39.655	0.617
44	-0.018	-0.067	39.753	0.654
45	-0.089	-0.127	42.068	0.597
46	-0.058	-0.122	43.045	0.597
47	0.151	0.083	49.758	0.364
48	0.023	-0.015	49.912	0.397
49	-0.101	-0.095	52.948	0.324
50	-0.059	-0.068	53.989	0.325
51	0.045	-0.002	54.588	0.340
52	0.077	0.061	56.396	0.314
53	0.050	0.048	57.154	0.324
54	-0.050	0.006	57.917	0.333
55	0.042	0.051	58.463	0.349

Şekil 4. Q Testi Sonuçlarının Bir Kısmı

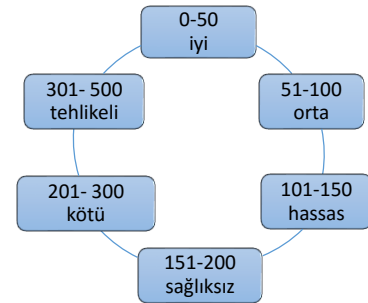


Şekil 5. Gerçek Gözlem Değerleri, Tahmin Değerleri ve Hata Terimleri Karşılaştırmalı Grafiği

Yapılan tahmin işlemlerinden PM10 kirleticisinin alabileceği değerlerin 83.21 ortalamasına yaklaştığı sonucuna varılmıştır. Bu en olası ihtimalle hava kirliliğinin 83.21 PM10 değerlerinde olacağını ve bu değerden daha yüksek değerler de alabileceğini göstermektedir. Hava kirliliği sınıflandırma göstergesinde 83 değeri orta düzeyde kirlilik aralığı olan 51-100 değer aralığında olduğu görülmektedir. (Şekil 7)

obs	Actual	Fitted	Residual	Residual Plot
4	90.0000	93.2552	-3.25521	
5	59.0000	86.7640	-27.7640	
6	77.0000	67.5034	9.49663	
7	92.0000	81.2215	10.7785	
8	78.0000	82.7502	-4.75022	
9	64.0000	79.3767	-15.3767	
10	108.0000	74.9773	33.0227	
11	68.0000	95.2059	-27.2059	
12	91.0000	71.4516	19.5484	
13	71.0000	92.6828	-21.6828	
14	53.0000	73.6917	-20.6917	
15	66.0000	68.8114	-2.81140	
16	71.0000	71.1813	-0.18127	
17	45.0000	70.1263	-25.1263	
18	66.0000	59.1513	6.84867	
19	54.0000	71.0770	-17.0770	
20	109.0000	59.3443	49.6557	
21	73.0000	93.0165	-20.0165	
22	60.0000	71.9680	-11.9680	
23	57.0000	76.4531	-19.4531	
24	46.0000	66.9110	-20.9110	
25	51.0000	58.2056	-7.20564	
26	58.0000	60.0774	-2.07739	
27	47.0000	61.4951	-14.4951	
28	88.0000	56.8076	31.1924	
29	101.0000	80.0128	20.9872	
30	0.00000	85.0954	-85.0954	
31	75.0000	40.3264	34.6736	
32	87.0000	81.7630	5.23705	
33	62.0000	67.3190	-5.31897	
34	37.0000	70.3579	-33.3579	
35	85.0000	59.3085	25.6915	
36	97.0000	79.1485	17.8515	
37	58.0000	80.7662	-22.7662	
38	72.0000	70.5175	1.48249	
39	86.0000	80.0573	5.94274	
40	101.0000	79.2734	21.7266	
41	74.0000	90.4686	-16.4686	
42	0.00000	79.3073	-79.3073	
43	0.00000	42.7821	-42.7821	
44	80.0000	35.9864	44.0136	
45	139.0000	62.6131	76.3869	
46	90.0000	95.0796	-5.07962	
47	94.0000	87.0285	6.97151	
48	138.0000	101.262	36.7376	
49	86.0000	114.167	-28.1667	
50	89.0000	87.9086	1.09141	
51	117.0000	98.3312	18.6688	

Şekil 6. Gerçek Gözlem Değerleri, Tahmin Değerleri ve Hata Terimleri



Şekil 7. Hava Kirliliği Değerleri Sınıflandırma Göstergesi

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ankara'nın en yüksek PM10 değerlerine sahip olduğu, ilgili bakanlığın 2013 yılındaki açıklamasından yola çıkılarak incelenmeye başlanan Sıhhiye istasyonundan edinilen 5 yıllık zaman dilimindeki veriler kullanılarak bu çalışma yapılmıştır. Sıhhiye bölgesinde hava kalitesinin iyi seviyelerde olmadığı, yapılan hesaplamalarda gelecekte alacağı değerlerin ortalama 83.21 tahmini değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu da PM10 kirleticisinin gelecekte alacağı tahmini değerin hava kalitesi 51-100 gösterge aralığına denk geldiği, bu aralığın da hava kalitesi sınıflandırmasında hava kalitesinin orta

düzeyde olduğunu ve Sıhhiye'deki hava kalitesinin geçmişte olduğu gibi gelecekte de bu düzeylerde seyredeceği belirlenmiştir.

Bu çalışma, hava kalitesi kontrol işlemlerinden sorumlu Çevre ve Şehircilik Bakanlığına geleceğe dair bir bilgi vermeyi amaçlamaktadır. Pek çok hastanenin ve hastanın yoğun olarak bulunduğu bu bölgede hava kalitesini artırıcı önlemlerin acilen alınması gerekmektedir. Hava kirleticilerinden özellikle büyük ölçüde kanser yapıcı etkiye sahip olan PM10 değerlerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

References

- [1]. Ankara Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü-2013 Kentair Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu (2013)
- [2]. Anttila P. ve Tuovinen J.P., Trends of primary and secondary pollutant concentrations in Finland in 1994–2007, Atmospheric Environment Volume 44, Issue 1, January 2010, pp. 30-41
- [3]. Bircan, H. ve Karagöz, Y. Box-Jenkins Modelleri ile Aylık Döviz Kuru Tahmini Üzerine Bir Uygulama, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (6) 2003/2 : 49-62
- [4]. Bouhamra W.S. Abdul-Wahab S.A. (1999) Description of outdoor air quality in typical residential area in Kuwait Environmental Pollution, 105, 221-229
- [5]. Box ve Jenkins: Time Series Analysis Forecasting and Control Lancaster U.K., 1976.
- [6]. Comrie, A.C., Diem, J.E. (1999), Climatology and forecast modeling of ambient carbonmonoxide in Phoenix, Arizona. Atmospheric Environment 33, 5023-5036
- [7]. Çiçek İ, Türkoğlu N., Gürgen G. (2004), Ankara'da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt:14, Sayı:2, Sayfa:1-18, 2004.
- [8]. Çuhadaroğlu B, Demirci E. (1997), Influence of some meteorological factors on air pollution in Trabzon City. Energy and Building, 25, 179-184
- [9]. Doğan F., Kitapçıoğlu G., Comparing Air Pollution In Izmir According to Years, Ege Journal of Medicine 46(3): 129- 133, 2007.
- [10]. Durmaz, A., Doğu, G., Ercan, Y., Sivrioğlu, M. (1993) Ankara'da Hava Kirliliğinin Nedenlerinin Araştırılması ve Azaltılmasına Yönelik Önlemler, Nato Scientific Affairs Division, Ankara
- [11]. Enders, Walter, Applied Econometric Time Series, John Wiley and Sons, UK, 1995.
- [12]. Ivanov A.V., Voynikova D.S., Gocheva-Ilieva, G.S., Boyadzhiev D.T., Time series analysis and forecasting for air pollution in small urban area: an SARIMA and factor analysis approach, Stoch Environ Res Risk Assess, (2014) 28:1045–1060
- [13]. Kayım, H., İstatistiksel Ön Tahmin Yöntemleri, H.Ü. İkt. ve İdr. Bil. Fak. Yayınları, No:11, Ankara, 1985.
- [14]. Lee S.J., Hajat S., Steer P.J., Filippi V., A Time-Series Analysis of Any Short-Term Effects of Meteorological and Air Pollution Factors on Preterm Births In London, UK, Environmental Research, 106 (2008) 185-194
- [15]. Mayer, H. (1999), Air pollution in cities. Atmospheric Environment, 33, 4029-4037
- [16]. Özdemir, M. T., Ertaş, S., Desert dust transportation on particulate matter concentrations: A case study in Ankara. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi. (2011); 68(1): 23 – 34.

Sıhhiye'deki hava kirliliğinin en büyük etkeni oradaki yoğun trafik sorunudur. Bu çalışmada Ankara'da özellikle Sıhhiye'deki hava kirliliği etkenlerinin ilgili devlet kurumları tarafından daha iyi tespit edilmesi ve iyileştirilmesi için önlemler alınması önerilmektedir.

Gelecek çalışmalarda PM10 dışındaki diğer hava kirleticilerinin de etkileri zaman serisi analizine eklenebilir ve çalışma tüm ülke geneline kapsayacak şekilde genişletilebilir.

- [17]. Roberts S., Interactions between Particulate Air Pollution and Temperature in Air Pollution Mortality Time Series Studies, Environmental Research, 96 (2004) 328-337
- [18]. Santos J. M., De Souza J.B., Reisen V. A., Franco G. C., Principal components and generalized linear modeling in the correlation between hospital admissions and air pollution, Rev Saúde Pública, 2014, 48(3):451-458
- [19]. Sungur, K. (1977), Ankara'da Hava Kirlenmesi Bakımından Isı Terselmesinin Rolü, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 22, 119-126.
- [20]. Sungur, K., Gönençgil, B. (1997), Çeşitli İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 6, 337-345.
- [21]. Wilson A.M., Wake C.P., Kelly T., Salloway J.C., Air Pollution Weather and Respiratory Emergency Room Visits in Two Northern New England Cities: An Ecologic Time Series Study. Environmental Research, 97 (2005) 312-321
- [22]. Yalta, A. T. (2011), "Creative Commons Attribution-Non-Commercial ShareAlike 3.0 Unported" (CC BY-NC-SA 3.0) lisansı altında bir açık ders malzemesidir. Zaman Serileri Ekonometrisine Giriş Sürüm 2.0
- [23]. Zhang F., Wang W., Lv J., Krafft T., Xu J. (2011) Time-series studies on air pollution and daily outpatient visit for allergic rhinitis in Beijing, China, Science of the Total Environment 409 (2011) 2486-2492.



2015.03.02.STAT.08

OUTLIERS IN SURVIVAL ANALYSIS

Durdu KARASOY*

Nuray TUNCER†

Department of Statistics, Hacettepe University, Ankara
Ministry Of Finance, The Presidency of Tax Inspection Board, Ankara

Received: 02 November 2015

Accepted: 27 December 2015

Abstract

Survival analysis is a collection of statistical methods for analyzing data where the outcome variable is the time until the occurrence of an event of interest. Outliers in survival analysis calculated differently from classical regression analysis. Outlier detection methods in survival analysis are commonly carried out based on residuals and residual analysis. In survival analysis, there are different types of residuals that are Cox-Snell, Martingale, Schoenfeld, Deviance, Log-odds and Normal deviance residuals. There are methods which are DFBETA, LMAX and Likelihood Displacement values for detecting influential observations. The residuals are analyzed during the study which is applied on a stomach cancer data set and the outliers are detected. After omitting these outliers, model is set up again and results were found better..

Keywords: Survival analysis, survival models, outliers, influential observations, residuals.

Jel Code: C10, C14, C19, C24

YAŞAM ÇÖZÜMLEMESİNDE AYKIRI DEĞERLER

Özet

Yaşam çözümlemesi, tanımlanan herhangi bir olayın ortaya çıkmasına kadar geçen sürenin incelenmesinde kullanılan istatistiksel yöntemler bütünüdür. Yaşam çözümlemesinde aykırı değerler klasik regresyonda kullanılan yöntemlerden farklı yöntemler kullanılarak hesaplanmaktadır. Yaşam çözümlemesinde aykırı değer belirleme yöntemleri artıklara ve artıkların analizine dayanmaktadır. Yaşam çözümlemesinde kullanılan başlıca artık türleri Cox-Snell, Martingale, Schoenfeld, Sapma, Log-odds ve Normal sapma artıklarıdır. Etkili gözlemleri belirlemek için kullanılan yöntemler ise DFBETA, LMAX ve Olabilirlik Değişim değerleridir. İncelenen artık türleri mide kanseri ile ilgili verilere uygulanmış ve aykırı değerler belirlenmiştir. Belirlenen aykırı değerler çıkarılarak model yeniden kurulmuş ve aykırı değerler çıkarıldığında sonuçların daha iyi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Yaşam çözümlemesi, yaşam modelleri, aykırı değerler, etkili gözlemler, artıklar

Jel Kodu : C10, C14, C19, C24.

1. GİRİŞ

Eldeki veri kümesine bir model uyarlandıktan sonra, uygulanan modelin varsayımlarının sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesi gereklidir. Modelin kontrolü için tanı yöntemleri, modelleme sürecinin önemli bir kısmıdır (Collett, 1994). Bu süreçlerin çoğu artıkların analizine dayanmaktadır. Yaşam çözümlemesinde

özellikle Cox orantılı tehlikeler modelinde değişik amaçlarla kullanılacak değişik artık türleri vardır (Fitrianto & Jiin, 2013).

Yaşam çözümlemesinde en yaygın kullanılan artık türü Cox ve Snell (1968) tarafından önerilen Cox-Snell artıklarıdır (Cox & Snell, 1968). Bu artık türü modelin uygunluğunun kontrolü için kullanılır. Diğer bir artık türü olan Martingale artıkları Barlow ve Prentice (1988) tarafından önerilmiştir ve Cox-Snell artıklarının doğrusal

* durdu@hacettepe.edu.tr (Corresponding author)

† nuray.tuncer@vdk.gov.tr

dönüşümüdür. Martingale artıkları açıklayıcı değişkenlerin modele uyumunu belirlemede kullanılır (Barlow & Prentice, 1988). Benzer şekilde sapma artıkları da Martingale artıklarının dönüşümüdür. Aykırı değerler genellikle Therneau, Grambsch ve Fleming (1990) tarafından önerilen sapma artıkları ile görüntülenir (Therneau, Grambsch & Fleming, 1990). Flemming ve Harrington (1991) sapma artıklarının referans örnekleme dağılımına sahip olmadığına ve veri kümesinde durdurulmuş gözlemler olmadığına bile standart normal dağılım yaklaşımının tatmin edici olmadığına dikkat çekmiştir (Flemming & Harrington, 1991). Nardi ve Schemper (1999) bu problemin üstesinden gelmek için yeni artık türleri önermiştir. Bu yeni artık türlerinin, aykırı değerleri belirlemede daha doğru bir sonuç verdiği iddia edilmektedir. Bu yeni artıklar log-odds ve normal sapma artıklarıdır (Nardi & Schemper, 1999). Diğer bir artık türü ise Cox orantılı tehlikeler (Cox proportional hazards) modelinde orantılılık varsayımının testinde yaygın olarak kullanılan ve Schoenfeld (1982) tarafından önerilen Schoenfeld artıklarıdır (Schoenfeld, 1982).

Bu çalışmanın amacı, yaşam çözümlemesinde karşılaşılan aykırı değerleri tanımlama yöntemlerini ve uygulama alanlarını incelemektir. Bu amaçla artık türleri incelenmiş ve gerçek bir veri kümesi üzerinde uygulanmıştır.

2. YAŞAM ÇÖZÜMLEMESİ

Yaşam çözümlemesi, ilgilenilen herhangi bir olayın ortaya çıkmasına kadar geçen sürenin incelenmesinde kullanılan çözümleme yöntemleri topluluğudur. Geçen süre; araştırmanın başından ilgilenilen olay gerçekleşinceye kadar geçen yılları, ayları, haftaları, günleri ya da olay gerçekleştiği anda birimin yaşını ifade eder. Olay ise ölüm, hastalığa yakalanma, hastalığın kötüye gitmesi, iyileşme, işe dönme ya da birimin başına gelebilecek ilgilenilen herhangi bir olayı ifade eder (Kleinbaum & Klein, 2005).

Yaşayan bir organizmanın ya da cansız bir nesnenin belirli bir başlangıç zamanı ile başarısızlığı arasında geçen zamana “yaşam süresi” ya da “başarısızlık süresi” adı verilmektedir. Her bir birime ait yaşam süresi, tanımı gereği sürekli ve pozitif bir değere sahiptir (Elandt-Johnson & Johnson, 1980).

Yaşam çözümlemesinde kullanılan modellerin diğer istatistiksel modellerden temel farkı zaman değişkeninin yapısından dolayı durdurulmuş (censored) gözlem içeren veri kümesi için tasarlanmış istatistiksel yöntemler bütünü olmasıdır. Durdurma genel olarak, çalışmanın bitiş noktasına kadar olayın gözlenmemesi (administrative censoring), çalışma bitmeden birimle ilgili bilgi alınmaması (lost to follow-up), başka bir olayla (başka nedenden ölüm, ilaç reaksiyonu gibi) karşılaşma (withdrawing) nedenleri ile meydana gelir. Bu gibi

nedenlerle birimler daha fazla gözlemlenemez ve bu birimler "durdurulmuş gözlem" olarak ifade edilir (Kul, 2010).

2.1. Cox Orantılı Tehlikeler Modeli

Yaşam çözümlemesinde en çok kullanılan model Cox orantılı tehlikeler modelidir. 1972 yılında Cox tarafından geliştirilen regresyon modeli ile yaşam çözümlemesinde önemli adımlar atılmış, Cox (1972)'un önerileri, Kalbfleisch ve Prentice (1980)'in katkıları ile bugünkü önemini kazanmıştır. Cox orantılı tehlikeler modeli; bir birimin yaşam süresi ile birden fazla açıklayıcı değişken arasındaki ilişkiyi ortaya çıkaran istatistiksel bir yöntemdir (Cox & Oakes, 1984).

Cox orantılı tehlikeler modeli, Cox modeli veya Cox regresyon modeli (Cox regression model) olmak üzere farklı şekillerde adlandırılabilen, dağılım bilgisi gerektirmeyen bir modeldir. Bu modelde, yaşam süresi ve bu süre üzerinde etkili olarak görülen açıklayıcı değişkenler yer alır. Açıklayıcı değişkenler, modeli toplamsal değil, çarpımsal olarak etkiler (Hosmer & Lemeshow, 1999).

Cox orantılı tehlikeler modeli,

$$h(t, \mathbf{X}) = h_0(t) \exp(\boldsymbol{\beta}' \mathbf{X})$$

biçimindedir. Burada, $\boldsymbol{\beta}$ regresyon katsayıları vektörü, \mathbf{X} açıklayıcı değişkenler vektörü ve $h_0(t)$ ise açıklayıcı değişkene sahip olmayan ($\mathbf{X}=\mathbf{0}$ olan) bir birimin temel tehlike fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır (Ata, Sertkaya & Sözer, 2007).

Cox orantılı tehlikeler modelinin temel varsayımı orantılı tehlikelerdir. Orantılı tehlikeler varsayımı, tehlikelerin oranının zamana karşı sabit olması anlamına gelmektedir. Orantılı tehlikeler varsayımını incelemek için grafiksel ya da sayısal yöntemler kullanılmaktadır. Orantılı tehlikeler varsayımının incelenmesinde en çok kullanılan yöntemler, log(-log) yaşam eğrileri, gözlenen ve beklenen yaşam eğrileri, Arjas grafikleri, modele zamana bağlı açıklayıcı değişkenlerin eklenmesi, Schoenfeld artıkları ile yaşam süresinin rankı arasındaki korelasyon testi biçiminde sıralanabilmektedir (Ata vd., 2007; Therneau & Grambsch, 2000).

2.2. Aykırı Değerler

Eldeki veri kümesine bir model uyarlandıktan sonra, uygulanan modelin varsayımlarının sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesi gereklidir (Collett, 1994).

Artıklar en yaygın kullanılan tanı yöntemleridir. Eğer uygulanan model uygunsa artıklar için çizilen grafiklerde beklenilmeyen örüntüler oluşmaz. Doğrusal

regresyondaki artık değerleri en basit haliyle tahmin edilen değer ile gerçek değer arasındaki farktan hesaplanır. Bu durumda grafiklerin sıfır etrafında rasgele saçılımı olması beklenir (Stepanova & Thomas, 2002).

Regresyon verilerinde aykırı değerler literatürde tartışılan bir problemdir. Aykırı değerler değişik nedenlerle ortaya çıkabilir. Örneğin, kaba (gross) hatalardan kaynaklanabilir. Bu hatalar kopyalama ya da veri girişi hataları, hatalı ondalık noktalama, çalışmadan elde edilen ölçümleri hatalı ölçeklendirme, farklı anlamdaki iki veriyi karıştırma, farklı kitleden hatalı alınan bir gözlem, geçici etkiler ya da donanım yetersizliği gibi hatalar olabilir. Bu tür hatalar, iyi koşullar altında özel ilgiyle gözlemlenenden yüksek nitelikli verilerde nadiren rastlanır. Hampel v.d. (1986) verilerin tipik olarak %1-10 oranında bu tür hataya sahip olduklarını belirtmişlerdir (Noh, 2010).

2.3. Yaşam Çözümlemesinde Aykırı Değerler

Yaşam çözümlemesinde verinin kendine has özelliklerinden dolayı birçok yazar aykırı değere özel bir anlam vermeyi denemiştir. Collet (1994) yaşam çözümlemesinde aykırı değerlerin, son derece uzun yaşam süresine sahip birimler olduğunu belirtmiştir (Collet, 1994). Therneau, Grambsch ve Fleming (1990) ve Nardi ve Schemper (1999) aykırı değerleri çok erken ölen ya da çok uzun yaşayan birimlerle ilişkilendirmişlerdir (Therneau vd., 1990; Nardi & Schemper, 1999). Nardi ve Schemper (1999) daha sonradan yaşam çözümlemesinde aykırı değerleri "çok uzun yaşayan" ya da "çok erken ölen" birimler olarak belirtmişlerdir (Nardi & Schemper, 1999).

Yaşam çözümlemesi çalışmalarında toplanmış veriler aykırı değerler içerebilir. Aykırı değerler genellikle modele iyi uyum sağlamayan değerler olarak tanımlanır. Bu aykırı değerler, model tahminine göre "çok geç" ya da "çok erken" başarısız olan birimler olmasına göre büyük pozitif ya da negatif artık değerleri alabilir. Birimler uzun yaşam süresine sahip olabilir ama açıklayıcı değişkenlerin değerleri birimin daha erken ölmesi gerektiğini gösterebilir.

Yaşam çözümlemesinde aykırı değerler, modeldeki parametre tahminlerini etkileyebilir, tehlike oranını, seçilen modeli değiştirebilir ve modele dayanan tahminleri etkileyebilir. Bu aykırı değerler etkili gözlemler olarak tanımlanır. Etkili gözlemlere genelde uzun yaşam sürelerinde rastlanılmaktadır. Yaşam çözümlemesinde veri kümesindeki etkili gözlemlerin ve aykırı değerlerin ortaya çıkışının araştırılması oldukça önemlidir (Noh, 2010).

Yaşam çözümlemesinde, başlıca artık türleri; Cox-Snell artıkları, Martingale artıkları, Sapma artıkları, Schoenfeld artıkları, Log-odds artıkları ve Normal sapma artıkları olarak ifade edilebilir.

Aşağıda artık türlerinde kullanılan bazı eşitlikler verilmiştir:

$t_1 < t_2 < \dots < t_D$ başarısızlık sürelerini ve d_i , t_i zamanındaki başarısızlık sayılarını gösterebilir. Birikimli temel tehlike oranı tahmin edicisi;

$$H_0(t) = \sum_{t_i \leq t} \frac{d_i}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp(\beta Z_j(s))} \quad (1)$$

biçimindedir. Burada β , tahmini regresyon katsayılarını, Z_j 'ler de açıklayıcı değişkenleri göstermektedir.

$$H_0(t) = \int_0^t h_0(u) d_u$$

olarak verilir ve bu gözlemlenen başarısızlık sürelerinde sıçramalar ile bir adım fonksiyonudur. Burada $h_0(u)$ temel tehlike fonksiyonunu göstermektedir.

2.3.1. Cox-Snell Artıkları

Cox-Snell artıkları, yaşam verilerinin çözümlemesinde en yaygın kullanılan artık türüdür ve Cox ve Snell tarafından önerilmiştir (Cox & Snell, 1968). Bu artıklar, modelin uygunluğunu değerlendirmek için kullanılabilir.

i. gözlem için Cox-Snell artığı,

$$r_{C_i} = H_0(t_i) \exp(\beta' Z_i) \quad (2)$$

biçimindedir. Burada $H_0(t)$, Eşitlik (1)'de verildiği gibidir.

Eğer seçilen model veriye uygunsa ve $\hat{\beta}$ değerleri β değerlerine yakınsa r_{C_i} 'ler üstel dağılımlıdır (Gharibvand & Liao, 2008). Cox-Snell artıkları modele uyumu araştırmak için çok kullanışlıdır (Tableman & Kim, 2004).

Cox-Snell artıkları, doğrusal regresyon analizinde kullanılan artıklardan biraz farklı özelliklere sahiptir. Sıfır etrafında simetrik dağılmaz, sıfır ile sonsuz arasında değer alır yani negatif olamaz, uygun model uydurulduğunda Cox-Snell artıklarının üstel dağılımlı olduğu varsayıldığından oldukça çarpık bir dağılımı vardır ve i. artığın ortalaması ve varyansı bir olur. Diğer bir nokta ise eğer en büyük yaşam süresi durdurulmamış ise r_{C_i} bu gözlem için tanımsızdır (Collett, 1994).

2.3.2. Martingale Artıkları

Martingale artıkları, Barlow ve Prentice tarafından önerilmiştir (Barlow & Prentice, 1988).

Zamana bağlı olmayan açıklayıcı değişkenlerle Cox modeli için, i . gözlemin t_i zamanındaki değeri ve δ_i olay durumu ($\delta_i = 0$ iken t_i durdurma süresi ve $\delta_i = 1$ iken t_i olay süresi) ise Martingale artığı,

$$r_{m_i} = \delta_i - H_0(t_i) \exp(\beta' Z_i) = \delta_i - r_{c_i} \quad (3)$$

biçimindedir.

Eşitlik (3)'te görüldüğü gibi Martingale artıkları Cox-Snell artıklarının doğrusal dönüşümüdür.

Martingale artıkları ve dönüşümleri model belirlemede kullanılabilir. Açıklayıcı değişkenlere karşı çizilen Martingale artıkları grafiği modele dahil edilen açıklayıcı değişkenlerin fonksiyonel formunu belirlemede kullanılır. Modelin uygunluğu için değişkenlerin herhangi bir dönüşüme ihtiyacı olup olmadığını gösterir. En uygun biçimi belirlemek için model kurulduktan sonra Martingale artıklarına karşı değişkenlerin istenilen dönüşümlerinin grafiği çizdirilir. Eğer dönüşüm uygun ise grafikteki eğri yaklaşık olarak doğrusal olur. Ayrıca aykırı değerleri belirlemede de kullanılır (Lin & Ying, 1993).

Martingale artıkları $\sum_{i=1}^n r_{m_i} = 0$ özelliğine

sahiptir (Gharibvand & Liao, 2008). Büyük n için, r_{m_i} 'ler sıfır ortalamalı kitleden ilişkisiz örneklerdir. Martingale artıkları sıfır etrafında simetrik dağılmaz, çarpıktır (Collett, 1994; Tableman & Kim, 2004). Martingale artıkları $-\infty$ ve 1 arasında değer alır ve durdurulmuş gözlemler ($\delta_i = 0$) için negatif değerlidir.

Martingale artıkları bir değerinin yakınlarında değer alıyorsa beklenenden daha kısa yaşam süresi, büyük negatif bir değer alıyorsa beklenenden daha uzun yaşam süresi olduğu anlamına gelir (Collett, 1994).

2.3.3. Sapma Artıkları

Sapma artıkları Therneau, Grambch ve Fleming (1990) tarafından önerilmiştir (Therneau vd., 1990). Sapma artıkları olan r_{d_i} 'ler Martingale artıklarından dönüştürülmüştür ve

$$r_{d_i} = \text{sign}(r_{m_i}) \sqrt{2[-r_{m_i} - \delta_i \log(\delta_i - r_{m_i})]} \quad (4)$$

biçimindedir.

Eşitlik (4)'te görüldüğü gibi, simetrik bir dağılım elde etmek için Martingale artıklarının dönüşümüyle elde edilir. Sonuç olarak sapma artıkları sıfır etrafında simetrik dağılır ve yaklaşık olarak 1 standart sapmaya sahiptir (Gharibvand & Liao, 2008; Gharibvand &

Fernandez, 2008).

$\text{sign}(r_{m_i})$ Martingale artıklarının işaretini göstermektedir. Bu nedenle sapma artıkları Martingale artıkları ile aynı işarete sahiptir (Noh, 2010).

Grafiklerde, potansiyel aykırı değerler büyük mutlak değer sapma artıklarına karşılık gelir.

Durdurma yüzde yirmi beşten az oranda ya da yakın bir değerde ise, bu artıklar sıfır etrafında simetriktir ya da normal dağılıma oldukça yakındır. Yüzde kırktan daha fazla orandaki durdurma için ise sıfır etrafındaki artıklarla geniş noktalar kümesi normallik yaklaşımını bozar (Therneau vd., 1990; Tableman & Kim, 2004).

Martingale artıkları model uygun olsa bile çarpıktır ve bu çarpıklık artık grafiklerinin yorumlanmasını zorlaştırır. Sapma artık grafiklerinin yorumlanması ise daha kolaydır. Böylece bu artıklar diğer artıklardan aşırı derecede farklı olan yaşam sürelerine sahip birimlerin belirlenmesinde grafiksel bir araç olarak kullanılabilir. Birçok araştırmacı aykırı değerleri belirlemede sapma artık grafiklerini kullanmışlardır (Noh, 2010).

Sapma artıkları beklenenden daha uzun yaşam süresi olan gözlemler için negatif iken beklenenden daha kısa yaşam süresi olan gözlemler için pozitifdir. Çok büyük ya da çok küçük değerler olması bu değerlerin aykırı değer olduklarının göstergesi olabilir. Bu nedenle bu değerler dikkatle incelenmelidir (Gharibvand & Fernandez, 2008).

Başarısız olan gözlemlerde uyum yeterli ise sapma artıkları ak gürültüye benzer biçimde dağılır. Durdurulmuş gözlemler için ise sapma artıkları sıfır yakınlarında küme olarak yer alır (Klein & Moeschberger, 2003).

2.3.4. Schoenfeld Artıkları

Cox orantılı tehlikeler modelinde kullanılan Cox-Snell, Martingale ve sapma artıklarının iki dezavantajı söz konusudur. Bu dezavantajlar, artıkların ağırlıklı olarak gözlenen yaşam süresine bağlı olmaları ve birikimli tehlike fonksiyonunun tahminini gerektirmesidir. Schoenfeld tarafından önerilen, skor artıkları olarak da adlandırılan Schoenfeld artıklarında bu sorunlar giderilmiştir (Schoenfeld, 1982). Bu yönüyle Schoenfeld artıkları, diğer artıklardan önemli bir farklılık göstermektedir. Bu artıklarda, her birimin artığı için tek bir değer yerine, tahmin edilmiş olan Cox orantılı tehlikeler modelinde yer alan her bir açıklayıcı değişken için birer tane olmak üzere değerler kümesi yer almaktadır (Collett, 1994; Yay, Çoker & Uysal, 2007).

Schoenfeld artıkları, değişkenin gerçek değeri ile ağırlıklı risk skorlarının ortalaması arasındaki farktır.

i. birim için Schoenfeld artığı,

$$S_i = X_i - \frac{\sum_{j \in R(t_i)} X_j \exp(\beta' X_j)}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp(\beta' X_j)}$$

biçiminde tanımlanır. Burada S_i , p açıklayıcı değişken sayısı olmak üzere, px1 boyutlu bir vektördür ve $S_i = (S_{i1}, \dots, S_{ip})'$ şeklindedir. i. birim ve k. açıklayıcı değişken için Schoenfeld artıkları,

$$\hat{S}_{ik} = X_{ik} - \frac{\sum_{j \in R(t_i)} X_{jk} \exp(\beta' X_j)}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp(\beta' X_j)}$$

biçimindedir. Burada X_j j. birim için p sabit açıklayıcı değişken vektörüdür. X_{jk} ise j. birimin k. açıklayıcı değişkenin değeridir. Bu nedenle, bu artık, X_{jk} 'nin gözlenen değeri ile t_i zamanında risk altındaki birimler üzerinden açıklayıcı değişken değerlerinin ağırlıklı ortalaması arasındaki farktır. t_i zamanındaki risk kümesinde k. açıklayıcı değişkenli j. birim için kullanılan ağırlık,

$$\frac{\exp(\beta' X_j)}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp(\beta' X_j)}$$

biçimindedir. Bu ifade, kısmi olasılırlığı en büyükmeye bu birimin katkısıdır.

Schoenfeld artıkları durdurulmamış gözlemler için tanımlıdır ve ayrıca her bir açıklayıcı değişkenin Schoenfeld artıkları toplamı sıfır olmalıdır (Gharibvand & Liao, 2008).

Schoenfeld artıkları sıfırda toplanır. İki düzeyli (0,1) değişkenler için bu artıklar -1 ile 1 arasında değer alır. Bu nedenle, artık grafiğinde iki kuşak olur; bir tanesi x=1 için sıfırın üstünde ve diğeri x=0 için sıfırın altında yer alır.

Orantılı tehlikeler varsayımını incelemek için Schoenfeld artıklarına dayanan bir test geliştirilmiştir. Belirli bir değişken için Schoenfeld artıkları ile birimlerin yaşam sürelerinin rankı arasındaki korelasyon kullanılarak orantılı tehlikeler varsayımı incelenebilir. Bu teste göre, orantılı tehlikeler varsayımının sağlanması için korelasyonun sıfıra yakın olması beklenmektedir (Ata vd., 2007).

Orantılı tehlikeler varsayımının geçerliliği zamana bağlı çizilen Schoenfeld artıkları grafiği ile de kontrol

edilebilir. Çizilen Schoenfeld artıkları grafiği, yatay bir doğru etrafında seyrediyorsa, orantılı tehlikeler varsayımının sağlandığı söylenir (Schoenfeld, 1982).

Hosmer ve Lemeshow regresyon katsayılarının kovaryans matrisine dayalı ölçeklendirilmiş Schoenfeld (scaled Schoenfeld) artıkları grafiğinin orantılı tehlikeler varsayımı için kullanılmasını önermiştir (Hosmer & Lemeshow, 1999).

Ölçeklendirilmiş Schoenfeld artıkları;

$$r_{kt}^* = m \sum_{i=1}^p V_{ik} S_{ik}$$

biçimindedir. Burada m toplam başarısız birim sayısını, V ise regresyon katsayılarından tahmin edilmiş kovaryans matrisini göstermektedir.

Ölçeklendirilmiş Schoenfeld artıkları grafiği zamana karşı her bir açıklayıcı değişken için çizilir. Ölçeklendirilmiş Schoenfeld artıkları etkili gözlemleri bulmak için kullanılır.

Açıklayıcı değişkenler sürekli olduğunda ölçeklenmiş Schoenfeld artıklarının kullanılması önerilmiştir (Terzi & Bek, 2005; Winneti & Miscellanea, 2001).

2.3.5. Log-Odds Artıkları

Log-odds artıkları, Nardi ve Schemper (1999) tarafından verilmiş ve L_i ile gösterilmiştir (Nardi & Schemper, 1999). Log-odds artıklarının dağılımı $E(L_i) = 0$ ortalama ve $V(L_i) = (\pi^2 / 3)$ varyans ile lojistik dağılımdır ve

$$L_i = \log \left[S_i(T_i) / \{1 - S_i(T_i)\} \right]$$

biçimindedir. Bilinmeyen yaşam fonksiyonu yerine tahmin edicisi alındığında L_i , L_i 'ye yakınsar. Gözlenen yaşam süreleri t_i ($1 \leq i \leq n$) olduğunda, L_i 'nin gözlenen değeri,

$$l_i = \log \left[S_i(t_i) / \{1 - S_i(t_i)\} \right]$$

olur.

Durdurulmuş süre için $S_i(t_i^c)$ yaşam olasılığı bilinmemektedir. Dolayısıyla durdurulmuş yaşam süresi artıklarını uyarlamak için, $S_i(t_i^c)$ ile koşullu ortanca

değeri $\frac{S_i(t_i^c)}{2}$ 'nin yer değiştirmesi önerilmiştir. Bu durumda l_i^m log-odds artık değerleri,

$$l_i^c = \log \left[\frac{S_i(t_i^c)}{2 - S_i(t_i^c)} \right]$$

biçiminde elde edilir. L_i 'nin koşullu dağılımından beklenen ortalama değerlerin sapması kullanıldığında ise daha karmaşık olmaktadır

$$l_i^m = l_i^c - \frac{1 + \exp(l_i^c)}{\exp(l_i^c)} \log \left\{ 1 + \exp(l_i^c) \right\}$$

biçiminde elde edilmektedir.

Son derece kısa yaşam süreleri için l_i^m (ya da l_i^c) sıfıra yakın olur ve beklenen $S_i(t_i) \cong 0.5$ olduğu varsayılır.

Log-odds artıkları lojistik dağılımlı olduklarından aykırı değerler bu dağılımlara dayanan kesim noktası ile belirlenebilir.

Kesim noktaları “çok erken ölen”=ÇEÖ ve “çok uzun yaşayan”=ÇUY ile gösterilirse log-odds artıkları için kesim noktaları,

$$R_{\text{ÇEÖ,L}} = \{l_i : l_i > w_{1-\alpha}\}$$

$$R_{\text{ÇUY,L}} = \{l_i : l_i < w_\alpha\}$$

biçimindedir. Burada w_α lojistik dağılımda α güven düzeyine karşılık gelen noktadır. Eğer birimlerin artık değerleri kesim noktalarını aşarsa bu gözlemler aykırı değerler olur (Nardi & Schemper, 1999; Nardi & Schemper, 2003).

2.3.5. Normal Sapma Artıkları

Normal sapma artıkları Nardi ve Schemper (1999) tarafından verilmiş ve N_i ile ifade edilmiştir (Nardi & Schemper, 1999). Artıkların dağılımı standart normal dağılımdır.

Bilinmeyen yaşam fonksiyonu yerine tahmin edicisi alındığında N_i 'nin olasılıkta yakınsaması N_i ' dir. Φ , normal birikimli dağılım fonksiyonudur.

Böylece,

$$N_i = \Phi^{-1} \left\{ S_i(T_i) \right\}$$

ve artık değerleri

$$n_i = \Phi^{-1} \left\{ S_i(t_i) \right\}$$

biçimindedir. Burada durdurulmuş süreler için $S_i(t_i^c)$ yaşam olasılığı bilinmemektedir.

Durdurulmuş yaşam sürelerinin artıklarının uyarlanması (accommodating) için çeşitli yollar vardır. Gerçek yaşam süresi, gözlenen durdurulmuş yaşam süresinden daha uzundur ve bilinmeyen doğru artıkların dağılımı $S_i(T_i)$ 'nin $[0, S_i(t_i^c)]$ 'de uniform dağılımı ile ilişkilidir. Böylece, $S_i(t_i^c)$, koşullu ortanca değeri

$\frac{S_i(t_i^c)}{2}$ ile yer değiştirir. Sonuç olarak durdurulmuş süre için N_i ,

$$n_i^c = \Phi^{-1} \left\{ \frac{S_i(t_i^c)}{2} \right\}$$

biçimindedir ve burada n_i^c , durdurulmuş süre N_i 'nin ortalamasıdır ya da

$$n_i^m = - \frac{\exp(0.5(n_i^c)^2)}{\sqrt{2\pi} S_i(t_i^c)}$$

ile değiştirilmiş olabilir. Burada n_i^m , durdurulmuş süre N_i 'nin ortancasıdır (Nardi & Schemper, 1999; Nardi & Schemper, 2003).

Durdurulmuş gözlemler için normal sapma artıkları koşullu ortalama ya da ortanca değeriyle yer değiştirir. Ancak bu durum artıkların anormal bir yığılma göstermesine neden olur. Böylece iyi uyum sağlayan model bile normal dağılımdan farklı bir dağılım gösterir (Nardi & Schemper, 2003).

Log-odds artıklarında olduğu gibi normal sapma artıklarında da son derece kısa yaşam süreleri için n_i^m (ya da n_i^c) sıfıra yakın olur ve beklenen $S_i(t_i) \cong 0.5$ olduğu varsayılır (Nardi & Schemper, 1999).

Normal sapma artıkları normal dağılımlı olduklarından aykırı değerler bu dağılımlara dayanan kesim noktası ile belirlenebilir.

Normal sapma artıklarının kesim noktaları,

$$R_{\text{ÇEÖ,N}} = \{n_i : n_i > z_{1-\alpha}\}$$

$$R_{\text{ÇUY,N}} = \{n_i : n_i < z_\alpha\}$$

biçimindedir. Burada Z_{α} standart normal dağılımda α güven düzeyine karşılık gelen noktadır. Aynı referans dağılıma sahip olduklarından benzer kesim noktaları sapma artıkları için de kullanılabilir (Nardi & Schemper, 1999; Nardi & Schemper, 2003).

2.4. Etkili Gözlemlerin Belirlenmesi

Cox orantılı tehlikeler modelinde aykırı değerler üç madde altında incelenebilir:

- Örneklem ortalamasından büyük oranda farklı bir açıklayıcı değişken değerine sahip olanlar,
- Parametre tahminlerinde güçlü etkiye sahip olanlar,
- Kısmi olabilirlik fonksiyon değerinde ve böylece model yeterliğinde güçlü etkiye sahip olanlar.

İlk madde skor artıkları kullanılarak belirlenebilir. Model kestiriminden sonra, her gözlem için skor artıkları ilgili açıklayıcı değişken bakımından hesaplanır ve analiz edilen ortak değişkene karşı artıkların değerlerini gösteren bir grafik çizilir. Aykırı değerler bu tip analizlerle kolaylıkla belirlenebilir. Aykırı değerlerin belirlenmesinden sonraki aşama şüpheli gözlemlerin parametre tahminlerindeki etkilerinin şiddetinin tahmin edilmesidir. Şüpheli gözlem örneklem dışında bırakılarak model yeniden tahmin edilir. Parametre tahminindeki değişim,

$$\Delta\beta_{ki} = \beta_k - \beta_{k(-i)}$$

biçiminde hesaplanır. Burada β_k , k. açıklayıcı değişkenin modelin tüm örneklemdeki parametre kestirimidir ve $\beta_{k(-i)}$ ise i. gözlem çıkarıldıktan sonra hesaplanan örneklemdeki benzer bir değerdir. Δ_i k. elemanın vektörü ile iyi yaklaştırılmış olduğu kanıtlanmıştır ve

$$\Delta\beta_i = V(\beta)L_i$$

biçimindedir. Burada L_i i. gözlem için skor artıkları vektörü ve $V(\beta)$ parametre tahminlerinin bir varyans-kovaryans matrisidir. Bu tanım ölçeklendirilmiş skor artıkları yada DFBETA artıkları olarak adlandırılır. Analiz edilen açıklayıcı değişkene karşı bu tip artıkların grafiği etkili gözlemlerin saptanmasında yararlıdır.

Eğer bu fark sıfıra yakın ise i. gözlemin tahmindeki etkisi çok küçüktür. Asıl modeldeki tüm değişkenler için bu süreç tekrarlanır. N gözlemlili büyük veri setleri için bu farkları hesaplamak yani bu işlemi N kez tekrarlamak pratik bir yöntem değildir.

Bu gözlemlerin kısmi olabilirlik fonksiyonu değerindeki etkilerini tahmin etmek için skor artıkları,

$$ld_i = \Delta\beta'V(\beta_i)^{-1}\Delta\beta_i = L_i'V(\beta)V(\beta)^{-1}V(\beta)L_i = L_i'V(\beta)L_i$$

biçimindedir.

Bu istatistikler, olabilirlik değişim (likelihood displacement) olarak adlandırılır ve örneklemden i. gözlemin örneklem dışında bırakılmasından sonra kısmi olabilirlik fonksiyonunun logaritmasındaki değişiklik ile ilgilenir.

Olabilirlik değişim değerleri i. gözlemin etkisini bu gözlem çıkarıldığında log olabilirlik modelindeki değişim yaklaşımıyla hesaplar.

i. değişken için olabilirlik değişim değeri,

$$2\left\{\log L(\beta) - \log L(\beta_i)\right\}$$

biçimindedir. Burada β tüm model için hesaplanan tahmini ve β_i i. gözlem çıkarıldıktan sonra hesaplanan tahmin değerini gösterir. $L(\cdot)$ tüm veriden tahmin edilen kısmi olabilirlik değeridir. $L(\cdot)$ hesaplanırken tüm veri kullanılır ama β_i parametre tahminleri i. gözlem çıkarılarak elde edilir. β uygun bir çözüm verir ve olabilirlik değişimi hiçbir zaman negatif değildir.

Ayrıca $L_i'V(\beta)L_i$ matrisi için özdeğerler bulunur. Yüksek özdeğerler ile ilişkili özdeğerler LMAX istatistikleri olarak adlandırılır. Olabilirlik değişim de LMAX da özet istatistiklere (örneğin Martingale artıkları) karşı çizilir. Yüksek derecede etkili gözlemler bu tarz grafiklerle kolayca belirlenebilir.

Etkili gözlemlerin belirlenmesinde kullanılan iki alternatif yöntem LMAX ve olabilirlik değişim değerleri, DFBETA değerlerinin aksine gözlemlerin etkisini bütün olarak katsayılar vektöründen ölçer. Böylece çok değişkene karşı sadece tek bir değer elde edilir.

Artıkların kullanımı veriye ve araştırmacıya bağlı olsa da geleneksel ve tavsiye edilen kullanım şekilleri vardır. Bunlar;

- Cox-Snell artıkları modele uyumu araştırmak için kullanılır.
- Martingale artıkları modele dahil edilen açıklayıcı değişkenlerin fonksiyonel formunu belirlemede ve bazen de aykırı değerleri belirlemede kullanılır.
- Sapma artıkları modelin doğruluğunu test etmede ve aykırı değerleri belirlemede kullanılır.
- Schoenfeld ve ölçeklendirilmiş Schoenfeld artıkları orantılı tehlikeler varsayımının kontrolünde kullanılır.
- Normal sapma ve log-odds artıkları aykırı değerleri belirlemede kullanılır.
- Olabilirlik değişim ve Lmax değerleri etkili gözlemleri belirlemede kullanılır. DFBETA değerleri

de etkili gözlemleri belirlemede kullanılır ancak işlemleri değişkenler bazında teker teker yapar.

3. UYGULAMA

Ankara Onkoloji Hastanesi'nde Ocak 1990 ve Kasım 1995 tarihleri arasında mide kanseri tanısı konulan ve cerrahi tedavi geçiren, yaşları 29 ile 84 arasında değişen 118 hastaya ait veriler Eroğlu v.d. tarafından incelenmiş ve Kaplan-Meier yöntemiyle yaşam olasılıkları bulunmuş, Cox orantılı tehlikeler modeli elde edilmiştir (Eroğlu, Altınok, Özgen & Sertkaya, 1997).

Bu çalışmada ise bu veriler, yaşam çözümlemesinde aykırı değerleri belirlemede kullanılan artık türlerinin uygulama alanlarını göstermek ve elde edilen sonuçları karşılaştırabilmek amacıyla kullanılmıştır.

Analizler için STATA 12 programı deneme sürümü kullanılmıştır.

Açıklayıcı değişkenler olarak yaş, cinsiyet, kilo kaybı, anemi, tümörün midedeki lokalizasyonu, lenf nodu diseksiyonunun genişliği, hastalığın evresi ve adjuvan kemoterapi alınmıştır. Bu hastaların yaş ortalaması 56.70'dir ve %58.5'i erkektir. Hastaların %55.1'i hastalığın 3. evresinde ve %19.5'i 4. evresindedir. Hastaların %71.2'si kemoterapi almıştır. Başarısızlık, ölüm olarak alınmıştır. Açıklayıcı değişkenlerin düzeyleri ve sıklıkları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Açıklayıcı değişkenler ve düzeyleri

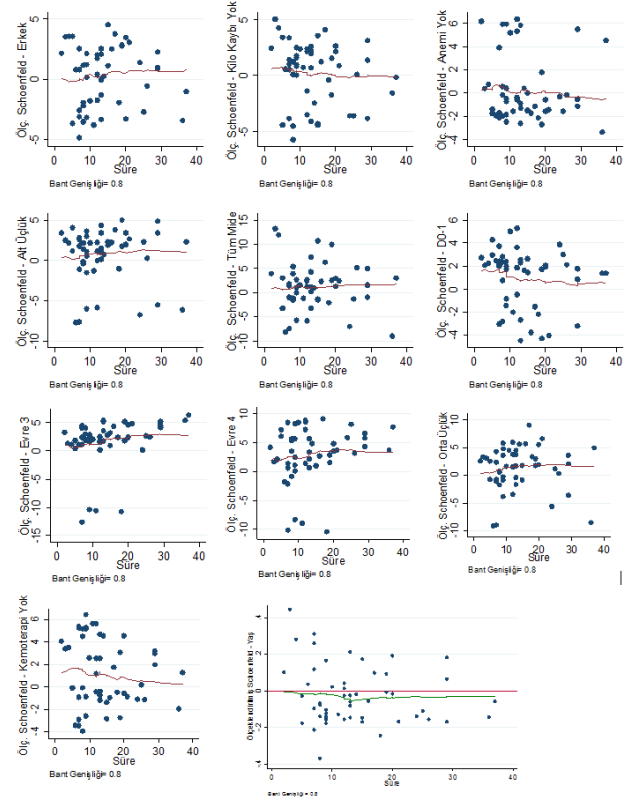
Değişkenler	Düzyeler	Sıklıklar (%)
Cinsiyet	1. Erkek	69 (58.5)
	2. Kadın	49 (41.5)
Kilo Kaybı	1. Yok	90 (76.3)
	2. Var	28 (23.7)
Anemi	1. Yok	31 (26.3)
	2. Var	87 (73.7)
Lenf nodu diseksiyonunun genişliği (Diseksiyon)	1. D0-1	62 (52.5)
	2. D2-3	56 (47.5)
	3. Üst üçlük	21 (17.8)
Tümörün midedeki lokalizasyonu (Lokal)	2. Orta üçlük	25 (21.2)
	3. Alt üçlük	62 (52.5)
	4. Tüm mide	10 (8.5)
	1. Evre1+Evre2	30 (25.4)
Hastalığın evresi (Evre)	2. Evre3	65 (55.1)
	3. Evre4	23 (19.5)
	1. Yok	34 (28.8)
Adjuvan kemoterapi (Kemoterapi)	2. Var	84 (71.2)
	Yaş	56,403 ±1,044

Yaşam süresine değişkenlerin etkisi araştırılmak istenildiğinde Cox orantılı tehlikeler modelinin kullanılabilmesi için değişkenlerin orantılı tehlikeler

varsayımını sağlaması gerekmektedir. Orantılı tehlikeler varsayımının sağlanıp sağlanmadığı araştırılmıştır.

Orantılı tehlikeler varsayımını incelemek için Schoenfeld artıkları kullanılabilir. Schoenfeld artıkları, açıklayıcı değişkenin gerçek değeri ile ağırlıklı risk skorlarının ortalaması arasındaki farktır.

Süreye karşı çizdirilen grafikte eğri sıfır etrafında yaklaşık olarak doğrusal ise varsayımın sağlandığı sonucuna ulaşılır.



Şekil 1. Açıklayıcı değişkenler için ölçeklendirilmiş Schoenfeld artıkları grafikleri

Şekil 1 incelendiğinde grafiklerde eğrinin yaklaşık olarak doğrusal olduğu yani değişkenlerin orantılı tehlikeler varsayımını sağladığı görülmektedir.

Orantılı tehlikeler varsayımını incelenmek için kullanılan diğer bir yöntem olan, yaşam süresi rankının Schoenfeld artıkları ile ilişkisi de incelenmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde tüm değişken düzeylerinde p-değeri > 0.05 olduğu için orantılı tehlikeler varsayımının sağlandığı görülmüştür.

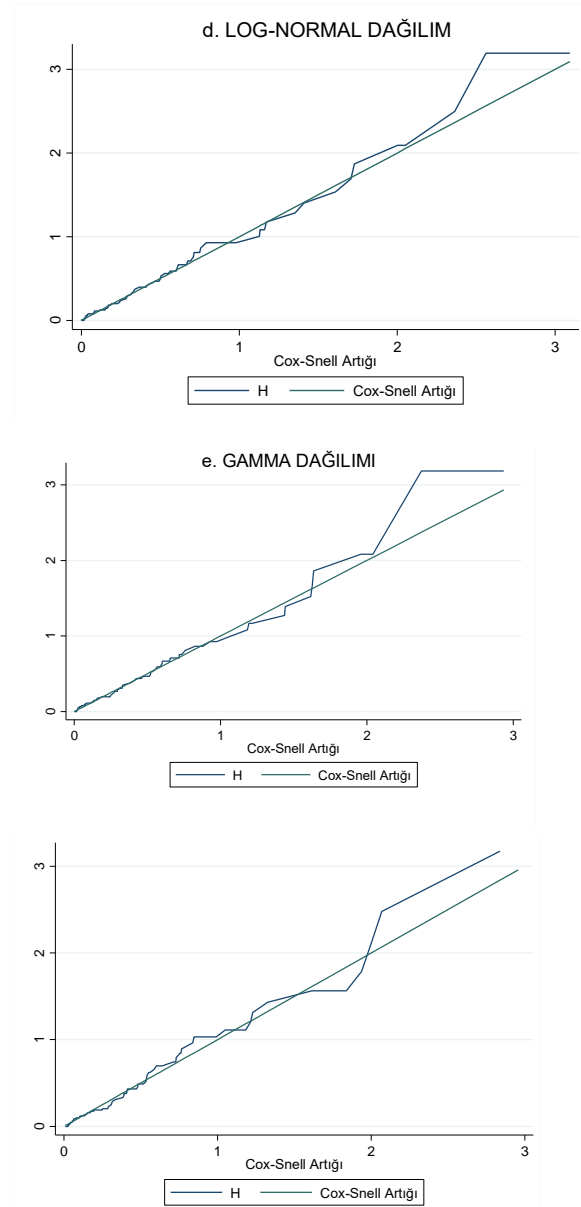
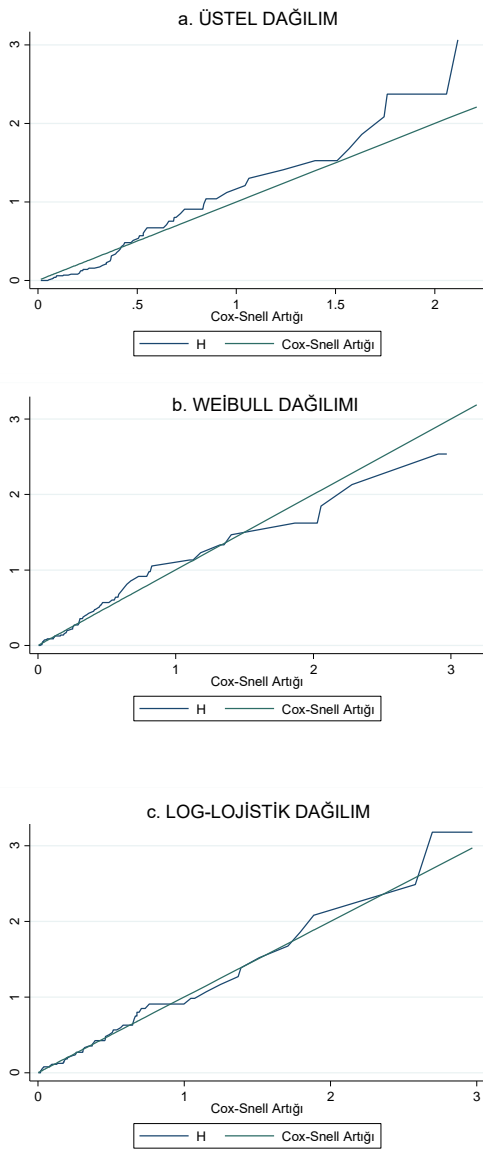
Çizelge 2. Yaşam süresi rankının Schoenfeld artıkları ile ilişkisi

Değişken	p-değeri
Yaş	0,21
Cinsiyet- Erkek	0,6
Kilo kaybı- Yok	0,21
Anemi- Yok	0,55

Değişken	p-değeri
Diseksiyon- D0-1	0,09
Lokalizasyon-Orta Üçlük	0,37
Lokalizasyon-Alt Üçlük	0,79
Lokalizasyon-Tüm mide	0,81
Evre- Evre3	0,08
Evre- Evre4	0,19
Kemoterapi- Yok	0,28

Cox-Snell artıkları modele uyumu araştırmak için kullanılır.

Verilerin dağılımı Easyfit programı ile incelendiğinde bilinen bir dağılıma uygunluk göstermese de parametrik bir dağılım gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle, parametrik yaşam çözümlemesi dağılımlarının uygunluğu da Cox orantılı tehlikeler modeli ile birlikte Cox-Snell artıkları grafikleri ile incelenmiştir.



Şekil 2. a-e. Parametrik modeller için ve Cox orantılı tehlikeler modeli için Cox-Snell artığı grafikleri

Model uygun ise birikimli tehlikeye karşı Cox-Snell artığı grafiği yaklaşık olarak bir eğimli bir doğru olacaktır. Şekil 2 incelendiğinde log-lojistik modelin ve log-normal modelin daha iyi sonuç verdiği söylenebilir. Bu durumda Akaike bilgi kriterine (AIC) göre karar verilmelidir. Modellere ait AIC değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Modellerin karşılaştırılması

Model	-2log(L)	AIC
Cox Orantılı Tehlikeler	385.364	418.36
Üstel	190.56	214.56
Weibull	174.20	200.20
Log-normal	170.98	196.98
Log-lojistik	172.26	198.26
Genelleştirilmiş Gamma	170.84	198.84

Çizelge 3 incelendiğinde AIC kriterine göre log-normal modelin veriye en uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle veriye log-normal regresyon modeli uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Log-normal regresyon modelinin sonuçları

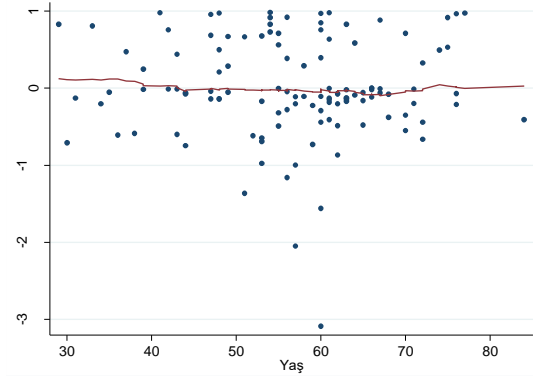
Değişken	Tahmin	Standart Hata	p-değeri
Yaş	0,0139	0,0084	0,096
Cinsiyet- Erkek	-0,106	0,2105	0,616
Kilo kaybı- Yok	-0,212	0,2253	0,347
Anemi- Yok	-0,028	0,2368	0,907
Diseksiyon- D0-1	-0,723	0,2099	0,001*
Lokalizasyon- Orta Üçlük	-0,853	0,3169	0,007*
Lokalizasyon- Alt Üçlük	-0,482	0,2859	0,092
Lokalizasyon- Tüm mide	-0,705	0,3791	0,063
Evre- Evre3	-1,262	0,2951	0,000*
Evre- Evre4	-1,835	0,3457	0,000*
Kemoterapi- Yok	-0,835	0,212	0,000*
Sabit	5,0182	0,6803	0,000*
lnsigma	-0,23	0,1021	0,024*
Sigma	0,7947	0,0811	
-2log(L)	170,995	(p=11)	

*p-değeri<0.05 olduğundan anlamlıdır.

Log-normal model için Martingale, sapma, log-odds ve normal sapma artık değerleri hesaplanarak aykırı değerleri tespit etmek amaçlanmıştır.

Martingale artıkları modele dahil edilen açıklayıcı değişkenlerin fonksiyonel formunu belirlemede kullanışlıdır. Eğer değişken modele uygun ise grafikteki eğri yaklaşık olarak doğrusal olur.

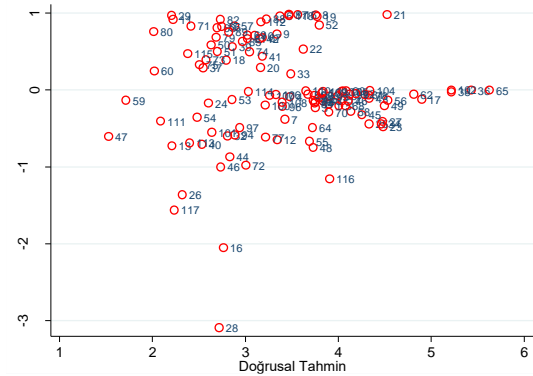
Log-normal regresyon modelinde yaş değişkeni için Martingale artığı grafiği Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Log-normal regresyon modelinde yaş değişkeni için Martingale artığı grafiği

Şekil 3 incelendiğinde eğrinin yaklaşık olarak doğru olduğu yani yaş değişkeninin modele uygun olduğu, bir dönüşüme ihtiyaç olmadığı görülmüştür.

Martingale artıklarına karşı doğrusal tahmin grafiği aykırı değerleri belirlemede kullanılabilir. Log-normal regresyon modelinde doğrusal tahmine karşı Martingale artığı grafiği Şekil 4’te verilmiştir.

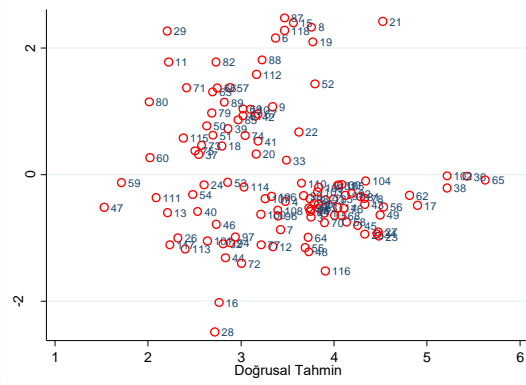


Şekil 4. Log-normal regresyon modelinde doğrusal tahmine karşı Martingale artığı grafiği

Şekil 4 incelendiğinde 16., 21., 29. ve 28. gözlemlerin aykırı değerler olabilecekleri görülmüştür.

Simetrik bir dağılım göstermesinden dolayı sapma artıklarının doğrusal tahmine karşı grafikleri aykırı gözlemlerin belirlenmesinde ve modele uyumun sağlanmasında kullanımı daha yaygındır.

Log-normal modelde doğrusal tahmine karşı sapma artığı grafiği Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Log-normal regresyon modelinde doğrusal tahmine karşı sapma artışı grafiği

Şekil 5 incelendiğinde 6., 8., 15., 16., 19., 21., 28., 29., 87., 118. ve 128. gözlemlerin aykırı değerler olabileceği görülmüştür. Sapma artıklarının referans dağılımı olan normal dağılımın kesim noktalarına göre karşılaştırılma yapıldığında da aynı sonuca ulaşılmıştır.

Tüm değişkenler için log-odds ve normal sapma artıkları hesaplanmış ve hesaplanan değerler kesim noktalarıyla karşılaştırıldığında bu değerlerin dışında kalan gözlemler aykırı değer olarak belirlenmiştir. Buna göre bulunan aykırı değerler Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Log-normal regresyon modelinde log-odds ve normal sapma artık değerleri

Gözlem	Süre	Durum	$S_i(t_i)$	$S_i(t_i^c)$	l_i^c	l_i^m	n_i^c	n_i^m
11	3	Ölmüş	0,983	-	1,763	1,763	2,121	2,121
16	39	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
17	51	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
23	69	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
25	57	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
27	63	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
28	58	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
29	2	Ölmüş	0,991	-	2,068	2,068	2,387	2,387
34	65	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
38	37	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
45	44	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
48	44	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
49	44	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
55	39	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
56	37	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884
58	36	Yaşıyor	-	0,2123	-0,569	-1,108	-0,798	-2,584
62	34	Yaşıyor	-	0,2256	-0,536	-1,078	-0,753	-2,349
64	33	Yaşıyor	-	0,2256	-0,536	-1,078	-0,753	-2,349
65	33	Yaşıyor	-	0,2256	-0,536	-1,078	-0,753	-2,349
68	29	Yaşıyor	-	0,2256	-0,536	-1,078	-0,753	-2,349
70	29	Yaşıyor	-	0,2256	-0,536	-1,078	-0,753	-2,349
116	73	Yaşıyor	-	0,1982	-0,607	-1,143	-0,848	-2,884

Çizelge 5 incelendiğinde log-odds artık değerlerine göre aykırı değer bulunmadığını ve normal sapma artık değerlerine göre ise 11., 16., 17., 23., 25., 27., 28., 29., 34., 38., 45., 48., 49., 55., 56., 58., 62., 64., 65., 68., 70. ve 80. gözlemlerin aykırı değer olabileceği görülmüştür.

Yöntemlerce ortak çıkan değerleri aykırı değerler olarak belirsek 16., 28. ve 29. gözlemler aykırı değerdir. Bu değerler çalışmadan çıkarılıp log-normal regresyon

modeli yeniden elde edilmiş ve sonuçlar Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Aykırı değerler çıkarıldıktan sonra log-normal regresyon modeli sonuçları

Değişken	Tahmin	Standart Hata	p-değeri
Yaş	0,0113	0,0075	0,130
Cinsiyet- Erkek	0,0250	0,1948	0,898
Kilo kaybı- Yok	-0,2218	0,2038	0,285
Anemi- Yok	0,1483	0,2217	0,503
Diseksiyon- D0-1	-0,7043	0,1913	0,000*
Lokalizasyon- Orta Üçlük	-0,6854	0,2871	0,017*
Lokalizasyon- Alt Üçlük	-0,2456	0,2618	0,348
Lokalizasyon- Tüm mide	-0,4317	0,3453	0,211
Evre- Evre3	-1,2598	0,2704	0,000*
Evre- Evre4	-1,7469	0,3136	0,000*
Kemoterapi- Yok	-0,7758	0,1965	0,000*
Sabit	4,7470	0,6141	0,000*
Lnsigma	-0,3389	0,1024	0,001*
Sigma	0,7126	0,0730	
-2log(L)	153,102	(p=11)	

*p-değeri < 0.05 olduğundan anlamlıdır.

Çizelge 4 ve Çizelge 6 incelendiğinde, aykırı değerler çıkarıldıktan sonra kurulan log-normal regresyon modeli ile bu değerler çıkarılmadan önceki log-normal regresyon modeli karşılaştırıldığında standart hataların genel olarak azaldığı görülmüştür. İki model eşit parametre sayısına sahip olduğu için $-2\log(L)$ değerleri kullanılarak karşılaştırma yapılabilir. Aykırı değer çıkarılmadan önceki modelin $-2\log(L)$ değeri 170,995 iken çıkarıldıktan sonraki modelin $-2\log(L)$ değeri Çizelge 6'dan görüldüğü gibi 153,102'dir. Buna göre aykırı değerlerin çıkarılması sonucunda elde edilen modelin daha uygun bir model olduğu söylenebilir.

Log-normal model için adimsal seçim yöntemi uygulanırsa Çizelge 7'deki sonuçlar elde edilir.

Çizelge7. Log-normal regresyon modeli için adimsal seçim yöntemi sonuçları

Değişken	Tahmin	Standart Hata	p-değeri
Dissek1 (D0-1)	-0,718	0,211	0,001
Evre3	-1,251	0,276	0,000
Evre4	-1,632	0,327	0,000
Kemoterapi Yok	-0,779	0,214	0,000
sabit	4,994	0,318	0,000
Lnsigma	-0,170	0,102	0,096
Sigma	0,843	0,863	
-2log(L)	183,184		

Çizelge 7 incelendiğinde diseksiyon, evre ve kemoterapi değişkenleri yaşam süresini etkileyen faktörler olarak bulunmuştur. Lenf nodu diseksiyonunun değeri D0-1 olanların yaşam süresi D2-3 olanlara göre 2 ($1/\exp(-0,718)$) kat daha kısa, evre 3 olanların evre 1+evre 2

olanlara göre yaşam süresi 3,5 ($1/\exp(-1,251)$) kat, evre 4 olanların evre 1+evre 2 olanlara göre yaşam süresi 5 ($1/\exp(-1,632)$) kat daha kısadır. Kemoterapi almayanların yaşam süresi ise alanlara göre 2 ($1/\exp(-0,779)$) kat daha kısadır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yaşam çözümlemesi ve aykırı değerler hakkında genel bilgiler, kavramlar, fonksiyonlar ve modeller verilmiş, yaşam çözümlemesinde aykırı değerleri belirlemede kullanılacak yöntemler incelenmiştir.

Aykırı değerlerin belirlenmesi modele uyum için oldukça önemlidir ve yaşam çözümlemesinde aykırı değerleri belirleme yöntemleri artıklara dolayısıyla artıkların analizine dayanmaktadır. Bu amaçla literatürde karşılaşılan artık türleri incelenmiştir. Bu yöntemlerin uygulaması 118 gözlemler ve 8 açıklayıcı değişkenli mide kanseri verisi üzerinde yapılmıştır.

Uygulamada ilk olarak yaşam çözümlemesinde en çok kullanılan model olan Cox orantılı tehlikeler modeli uygulanmış ve modele uyumlu olduğu görülmüştür. Cox orantılı tehlikeler modelinin temel varsayımı olan orantılı tehlikeler varsayımı da Schoenfeld artıkları ile incelenmiş ve bu varsayımın sağlandığı görülmüştür. Verilerin dağılımı bilinen bir dağılıma uygunluk göstermese de parametrik bir dağılım gösterdiği görüldüğünden parametrik yaşam çözümlemesi modelleri incelendiğinde log-normal dağılımın veriye uygun bir model olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Veriye uygun olduğu bulunan log-normal regresyon modeli elde edilmiştir. Log-normal regresyon modeli için de aykırı değerler belirlenmeye çalışılmıştır. Aykırı değerleri belirlemek için Martingale, sapma, log-odds ve normal sapma artıkları hesaplanmış ve grafikleri çizdirilmiştir. Aykırı değer olabilecek gözlemler tespit edilmiştir. Martingale artıkları simetrik dağılmadığından grafiklerinin yorumlanması zordur. Ama sapma artıkları simetrik ve referans dağılımı normal dağılım olduğundan anlamlılık düzeyine göre kesim noktası yaklaşık olarak 2 belirlenip sapma artık grafiğinde +2 ve -2 değerlerinin dışındaki gözlemler aykırı değerler olabilecekleri sonucuna ulaşılmıştır. Aynı referans dağılımına sahip normal sapma artıkları için de kesim noktası aynı alınmış ve benzer yorumlara ulaşılmıştır. Log-odds artıkları incelendiğinde ise aykırı değerler olabilecek gözlemler bulunamamıştır. Aykırı değer olabileceği düşünülen üç gözlem çalışmadan çıkarılıp model yeniden kurulmuş ve aykırı değerler çıkarıldıktan sonra elde edilen modelin daha iyi olduğu görülmüştür.

References

- Ata, N., Sertkaya, D., Sözer, M.T., (2007). “Oranlı Tehlike Varsayımının İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler ve Bir Uygulama”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, XX, S.1.
- Barlow, W. E., Prentice, R. L., (1988). Residuals for relative risk regression, *Biometrika*, 75, 65 – 74.
- Collett, D., (1994). *Modelling Survival Data in Medical Research*, Chapman & Hall/CRC.
- Cox, D. R., Snell, E. J., (1968). “A General Definition of Residuals”, *Journal of the Royal Statistical Society*, 30, 2, 248-275.
- Cox, D.R., Oakes, D., (1984). *Analysis of Survival Data*, Chapman and Hall, London.
- Elandt-Johnson, R. C., Johnson, N. L., (1980). *Survival Models and Data Analysis*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Eroğlu, A., Altınok, M., Özgen, K., Sertkaya, D., (1997). “A Multivariate Analysis of Clinical and Pathological Variables in Survival After Resection of Gastric Cancer”, *Türkiye Klinikleri Medical Research*, 15, 1, 15-20.
- Fitrianto, A., Jiin, R. L. T., (2013). “Several Types of Residuals in Cox Regression Model: An Empirical Study”, *International Journal of Mathematical Analysis*, 7,73, 2645-2654.
- Fleming, T. R., Harrington, D. P., (1991). *Couting Processes and Survival Analysis*, Wiley, New York.
- Gharibvand, L. and Fernandez, G., (2008). *Advanced Statistical and Graphical Features of SAS® PHREG*, SAS GLOBAL Forum 2008 Conference proceedings San Antonio TX.
- Gharibvand, L., Jeske, D.R., Liao, S., (2008). *Evaluation of a Hospice Care Referral Program Using Cox Proportional Hazards Model*, Western Users of SAS Software Conference, Universal City, CA.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., (1999). *Applied Survival Analysis: Regression Modeling of Time to Event Data*, Wiley&Sons, New York.
- Klein, J. P., Moeschberger, M. L., (2003). *Survival Analysis: Techniques for Censored and Truncated Data.*, Springer, New York.
- Kleinbaum, D.G., Klein, M., (2005). *Survival analysis: A Self-Learning Text*, Second Edition, Springer.
- Kul, S., (2010) “The Use of Survival Analysis for Clinical Pathways”, *International Journal of Care Pathways*, 14, 23–26.
- Lin, D. Y., Wei, L. J., Ying, Z., (1993). “Checking the Cox Model with Cumulative Sums of Martingale-Based Residuals”, *Biometrika*, 80, 3, 557-572.
- Nardi, A., Schemper, M., (1999). “New Residuals for Cox Regression and Their Application to Outlier Screening”, *Biometrics*, 55, 2, 523-529.
- Nardi, A., Schemper, M., (2003). “Comparing Cox and Parametric Models in Clinical Studies”, *Statistics in Medicine*, 22, 3597-3610.
- Noh, N. A., (2010). *Detecting Outliers and Influential Observations in Survival Model*, Master Thesis, University of Malaya, Institute of Mathematical Sciences, Kuala Lumpur.
- Schoenfeld, D., (1982). “Partial Residuals for the Proportional Hazards Regression Model”, *Biometrika*, 69, 239-241.
- Stepanova, M., Thomas, L., (2002). “Survival Analysis Methods for Personal Loan Data”, *Operations Research*, 50, 2, 277-289.
- Tableman, M., Kim, J.S., (2004). *Survival Analysis Using S: Analysis of Time-to-Event Data*, Chapman & Hall/CRC.
- Terzi, Y., Cengiz, M.A., Bek, Y., (2005). “Cox Regresyon Modelinde Oransal Hazard Varsayımının Artıklarla İncelenmesi ve Akciğer Kanseri Hastaları Üzerinde Uygulanması”, *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi*, 25, 770-775.
- Therneau, T. M., Grambsch, P. M., Fleming, T. R., (1990). “Martingale-based Residuals for Survival Models”, *Biometrika*, 77, 1, 147-160.
- Therneau, T. M., Grambsch, P. M., (2000). *Modeling Survival Data: Extending Cox Model*, Springer, New York.
- Winnett, A., Sasieni, P., Miscellanea: (2001). “A Note on Scaled Schoenfeld Residuals for the Proportional Hazards Model”, *Biometrika*, 88, 565-71.
- Yay, M., Çoker, E., Uysal, Ö., (2007). “Yaşam Analizinde Cox Regresyon Modeli ve Artıkların İncelenmesi”, *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, 38, 139 – 145.



2015.03.02.OR.06

A DYNAMIC PERFORMANCE MANAGEMENT MODEL

Banu ÖZKESER*

Arzu UZUN†

Assist. Prof. Dr., Kanuni University, Adana

Assoc. Prof. Dr., Faculty of Economics and Administrative Sciences, Çukurova University, Adana

Received: 18 November 2015

Accepted: 24 December 2015

Abstract

This article aims to develop an organizational performance management model in a dynamic structure, formed in the scientific methods gathering together. All the criteria, expected to be in the performance evaluation form, create the performance criteria pool (shown as Ph). This pool has a dynamic structure containing criteria which are decided to take into consideration by the manager. Performance criteria pool get together in main group names (shown as AG) and for each AG, half of the total score is taken by using two methods, of which significance degrees are the highest ones in the result of AHP. The cumulative score shows the "Growth in Learning" level. Growth in learning data, specify the level of knowledge and experience level, the tendency, strong and developable aspects of the evaluated personnel.

Keywords: Organizational performance management, dynamic model, growth in learning.

Jel Code: L25, L21, M12

DİNAMİK BİR PERFORMANS YÖNETİM MODELİ

Özet

Bu makale, çalışanların beklentileriyle, bilimsel metotların bütünlüğünde oluşan, dinamik yapıda bir organizasyonel performans yönetim modelinin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Performans değerlendirme formunda yer alması beklenen tüm kriterler, performans kriter havuzunu (Ph) oluşturmakla birlikte, yöneticinin olması gerektiğini düşündüğü başka kriterler de varsa havuza ekleyebileceği esneklik sayesinde sistem dinamizmi korunmaktadır. Performans kriter havuzu, ana grup isimleri (AG) altında gruplanır ve her AG için Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılmasıyla önem derecesi en yüksek çıkan yöntem sonucundaki puan alınır. Elde edilen bu puan; öğrenmede büyüme puanıdır. Öğrenmede büyüme verileri, performansı değerlendirilen çalışanın zamanla kazandığı bilgi ve tecrübe seviyesini, eğilimlerini, güçlü ve gelişime açık yönlerini belirtir.

Anahtar Kelimeler : Organizasyonel performans yönetimi, dinamik model, öğrenmede büyüme

Jel Kodu : L25, L21, M12

1. GİRİŞ

Rekabetin ön planda olduğu teknoloji çağında, kurumların içinde yer aldıkları sektörde farkındalık yaratabilmeleri sahip oldukları performans modeli ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla; kurumun performans odaklı olarak yönetilmesi, hedeflerini ve bu hedeflere ulaşmak için kullanacağı yöntemleri doğru bir şekilde tanımlaması

ile bağıntılıdır. Sürdürülebilirlik yaklaşımı gereğince de her kurumun strateji ve özgünlüğüne göre belirlenen değerlendirme ve yönetim sistemlerini kullanması gerekmektedir.

Performans yönetiminde, kritik faaliyetleri ölçmek üzere bunların başarı faktörlerini değerlendirebilecek performans göstergeleri de bulunmalıdır. Sadece finansal verilerden yola çıkarak bir değerlendirme yapmak işletmenin gelecek yol haritası için dar alanda bilgi verir.

* banuozkeser@kanuni.edu.tr (Corresponding author)

† garzu@cu.edu.tr

Hâlbuki dengeyi sağlayacak şekilde finansal olmayan verilerin de dikkate alınması önem taşımaktadır. Finansal ölçütlerin tek başına yetersiz kalmasından dolayı, kurumlar başarılarının sürdürülebilirliği için, yeni ölçütlere odaklanmak zorunda kalmışlardır. Odaklanılan ölçütler arasında insan kaynakları, veri tabanları, bilgi sistemleri, kalite odaklı müşteri ilişkileri yönetimi, inovasyon kabiliyeti, teknoloji yönetimi gibi uzun vadeli değer üreten, finansal olmayan ölçütlerin dikkate alındığı görülmektedir.

Finansal olmayan ölçütlere hizmet eden organizasyonel performans yönetimi ise, değeri her geçen gün daha da artan ve organizasyonun içinde yer aldığı kurumun başarısını direk etkileyen önemli bir husustur. Organizasyonel performans yönetimi, öznel yaklaşımların kolaylıkla entegre edilebileceği ve bu yönüyle de kurum içi huzursuzluk ve adaletsizliğin hızla yayılmasına neden olabilecek kritik bir süreçtir. Organizasyonel performans değerlendirme ise, detaylı mevcut durum analiziyle birlikte organizasyonun gelişime açık ve güçlü yönlerini de ortaya çıkarır. Aynı zamanda kariyer haritaları için de veri oluşturan bu sistem; çalışanların yetkinliklerinin, görevlerinin niteliklerine ve gereklerine uyumunu belirten, çalışanlardan beklenen hedeflerle onların ulaştıkları sonuçların ya da başarıların karşılaştırılması olarak nitelendirilebilir. Organizasyonel performans değerlendirmesinde kullanılan ölçütlerin ve yöntemin nesnel olması, organizasyon içinde adil bir coğrafya yaratırken çalışanların beklentilerini de karşılayacaktır. Başka deyişle, performans değerlendirmede mümkün oldukça bilimsel yaklaşımların tercih edilmesi, değerlendirilen kişiler tarafından güvenilirliği arttıracaktır. Kurum yöneticilerinin, organizasyonel performans yönetiminden en önemli beklentisi; farkındalık yaratma amacına sağlanacak katkının oranıdır. Çünkü finansal olmayan verilerin değerlendirilmesiyle, insan kaynağına ait bulgular üzerinde sayısal karşılaştırmalar yapılabilecektir. Böylece aynı hedefe koşma sürecinde, kurum içinde bulunan her unsur sağladığı katkı ile uyumlu bir değer görecektir.

Ancak bu değerlendirme süreci detaylı bir çalışma ve hassasiyeti gerekli kılmaktadır. Özellikle, sonuçlardan duyulan memnuniyetsizlik, değerlendirme aracında kullanılan yaklaşımdan kaynaklı rahatsızlık, tarafsızlık ilkesine bağlı kalamama gibi sorunlar da kurumlarda ciddi problemlere neden olmaktadır. Bu sıkıntılara yönelik geçmişten günümüze literatürde çok sayıda çalışma yapılmış ve belli ölçüde tatmin seviyesi oluşturmuştur. Ancak her çalışmanın ardından kalan bir eksiklik sonrasında ise yeni bir yaklaşım doğmuştur. Bu makale kapsamında ele alınan konu ise, geçmişten günümüze yapılan literatür incelemesi sonucunda, organizasyonel performans değerlendirmesinde henüz gerçekleşmemiş olan özgün bir yöntemin, uygulama ile bütünlüğüdür.

Literatür araştırması doğrultusunda edinilen bilgilerin ortak paydası, kullanılan performans yönteminden doğan memnuniyetsizlik ve bunun kurum coğrafyasındaki çarpan etkisidir. İnsan kaynağının adaletsiz bir performans yönetimi yapıldığını düşünmesi, kuruma olan aidiyet duygusunun da hızla azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, performans yönetiminin tarafsız yapıldığının belirtilmesi ve insanların bu konuda ikna edilmesi de kaçınılmazdır. Zirâ, memnuniyetsizlik insan kaynağının bir süre sonra verimini de negatif etkileyeceği gibi, kurum dışında iş arayışına da hızla yönlendirecektir.

Organizasyonel performans yönetiminde, performans değerlendirme araçlarından beklentilerden bir diğeri de güncellik içermesidir. Her dönemde aynı kriterlerin ölçülmesi değil, ilgili zaman periyodunun gerekliliklerinin de beklentiler içinde yer alması hem kurumu hem de personeli dinamik kılmaktadır. Bu durumda, insan kaynakları ve ilgili birim yöneticilerinin ölçüm kriterlerini gerekçeleriyle güncellemeleri beklenir. Uygulama aşamasının sınırları ise, yerli ve büyük ölçekli bir kuruluştaki organizasyonel performans yönetim sisteminin kurulması ile belirlenmiştir. Kurumda öncelikle performans yönetiminde bir kurumsal hafıza oluşturulmaya başlanmış ve organizasyonun nesnel yaklaşımla değerlendirileceği hususunda bilgi verilmiştir.

Bu çalışmanın sağladığı en önemli katkılardan birisi de kariyer haritaları için altyapı oluşturan bir bilgi bankasını meydana getirmektir. Kurumsal hafıza ile çalışanlar farklı açılardan değerlendirilebilmektedir.

2. PERFORMANS YÖNETİMİ

Organizasyonlarda, personelin bilgi, yetenek, beceri ve genel anlamda meslekî yetkinliği performans yönetimi aracılığıyla artırılmaya çalışılır. Böylelikle, organizasyonel hedefler, plânlara, bakış açıları ve politikalar çerçevesinde kurumsal performans iyileştirilebilir. Performans yönetimi, organizasyonlarda hem bireysel performansın, hem de ekip performansının iyileştirilmesini amaçlamaktadır.

Bireysel performans, personelin kendisine verilen iş tanımına uygun olarak gerçekleştirdiği faaliyetleri, tolere edilebilir sınırlar içinde gerçekleştirmesidir. Bireysel performans yönetiminin amacı, iş göreni kabul edilebilir sınırlar içinde çalıştırmaktır. Performans yönetimiyle de, ekibin performansı geliştirilerek, kurumsal birlikteliğin ortaya çıkarılması sağlanır (Özkeser, 2014: 34).

İyileştirme faaliyetlerine süreklilik kazandırmak, performans yönetiminin temelinde yer alan amacdır. Bu yönüyle performans yönetimi bir sonuç değil, aksine bir süreçtir. Performansın belirlenebilmesi ve performansın yönetilmesi için, öncelikle ölçülebilir ve yönetilebilir standartların oluşturulması gerekir. Aksi halde, “ölçülemeyeni yönetemezsin kuralı”, özellikle performans yönetimi için doğrudur.

Kamu veya özel, genel veya yerel, tüm kurum ve kuruluşlarda her tür organizasyonel kaynak yönetimi mümkün olduğu gibi, kurumsal kaynakların etkin kullanımı anlamına gelen performansın da ölçülmesi ve dolayısıyla yönetilmesi mümkündür. Kurumlarda performans yönetiminden bahsedebilmek için öncelikle iş görenin tanımlanmış bir işinin olması, işin çalışanın yeteneklerine uygun olması ve işin başarıyla derecesini gösteren standardın ya da göstergenin bulunması gerekir.

Firmalar üzerinde önemli etkisi bulunan performans yönetimi, artan rekabet ortamı ve iş dünyasında zamanla oluşan yapısal değişimlerle birlikte daha da önemli bir hale gelmiştir. Performans yönetiminin bu kadar önemli olmasını iş dünyasındaki küresel değişim, acımasız rekabet, işletmelerin sürdürülebilir gelişim isteği, yerel veya uluslararası boyuttaki kalite ödülleri, organizasyonel rollerin değişmesi, dışardan gelen taleplerin değişmesi ve bilgi teknolojisinin önemi gibi nedenlerle açıklamaktadır (Neely vd., 1995: 85). İnsan kaynakları yönetiminin üzerinde en çok tartışılan konularından birisi olan performans değerlendirme, çalışanlar ve organizasyonlar açısından büyük önem taşımaktadır.

Performans yönetiminin iki temel amaca hizmet ettiği söylenebilir. Birincisi, yöneticilere; çalışanlarına ilişkin buldukları pozisyonda yükselmeler, ücret artışları ve bunlara benzer diğer idari kararlara temel oluşturan bilgileri sağlar. Stratejik kararların böyle bir değerlendirme sonucu verilmesi, işletme kaynaklarının efektif kullanımını ve bununla ilişkili olarak da gelecekteki performansın artmasını sağlayacaktır. Performans yönetiminin ikinci amacı ise, performans analizleri sonucunda personelin belirlenmiş standartlara olan yaklaşma derecesi ve uygunluğuna ilişkin veri sağlamasıdır. Bu da çalışanların dönem sonunda ulaşılabildikleri performans düzeyine bağlı olarak hedeflere ulaşılmışsa bunun sürekliliğine yönelik yapılması gerekenler, ulaşılamamışsa da nedenleri ve ne tür bir çözüm geliştirme programı uygulanacağı hakkında yönetime geri besleme imkânı verir (Palmer, 1993: 15-30).

Performans yönetiminin ana hedefi personelin yetenek ve aktivitelerini geliştirecek bir kültür yaratmaktır. Performans yönetimi uygulanmasında performans değerlendirme tarafsız olarak sunulmalıdır ve değerlendirmenin sonunda, personeli motive etmek için bir sistem kurulması da kaçınılmazdır (Costello, 1994: 10-20).

Tüm bunlarla birlikte performans yönetimi nihayetinde hedeflenen noktaya ulaşamama riski de söz konusu olabilir. Başarısızlığa neden olabilecek etkenler şu şekildedir;

- Üst yönetimin sözleriyle olduğu kadar tutumları ile de performans yönetim sistemini desteklememeleri,

- Orta düzey yöneticilerin gerçekleştirilme çalışmalarına dâhil edilmemesi ve bu nedenden dolayı hedef belirlemenin vakit kaybı olduğunu düşünmeleri,
- Yönetici ve çalışana, eğitim ve sürekli rehberlik verilmemesi,
- Uygulama sonuçlarına göre sistemin verimlilik düzeyinin ölçülmemesi ve güncelleştirilmemesi
- (İnsan Kaynakları ve Yönetim Dergisi, 1999: 72).
- Performans yönetiminde sırayla uygulanması beklenen dört faz bulunmaktadır.

Faz-1: Performans Planlama: Performansı ölçülecek çalışan ve değerlendirici arasında yaklaşık bir saatlik bir zaman dilimini kapsar. Bu faaliyet aşağıdaki aktivitelerden oluşmaktadır:

- Çalışanın işiyle ilgili kilit sorumluluklarında hem fikir olunması
- Başarı ile sonuçlanması beklenen hedeflerin ortak paydada geliştirilmesi
- Çalışanın işi yaparken geliştirmesi gereken en önemli kabiliyetlerinin belirlenmesi
- Çalışan için uygun bir gelişim planının yaratılması

Performans planlama görüşmesi yöneticiye beklentilerini ve çalışanın işiyle ilgili dikkate aldığı unsurları iletmesi için olanak da sağlamaktadır. Performans planlama için kullanılan öncelikli araç, performans değerlendirme formudur. Çünkü bu form uzun zaman sonra bile, çalışanın işini ne kadar iyi yaptığını gösterecek ölçütlere sahip olacaktır.

Faz-2: Performans Uygulama: Bu aşamada önce çalışanın en üst düzeyde performans göstermesi için onun motive olmasını sağlayacak koşulların oluşturulması, sonrasında ise performans problemleri söz konusu olduğunda bunların ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Yöneticinin bu aşamadaki tüm sorumlulukları özetle şöyledir:

- Performansa engel teşkil edecek problemlerin ortadan kaldırılması ve motivasyon için koşulların oluşturulması
- Performans kayıtlarının geçmişe yönelik olarak tutulması
- Düzenli olarak projelerin, amaçların ve hedeflerin gözden geçirilmesi ve gerekirse güncellenmesi
- Geribildirim sağlanması ve başarı için danışmanlık yapılması
- Gelişimsel tecrübe ve fırsatların sağlanması
- Ara dönem değerlendirmenin yapılması

Faz-3: Performans Değerlendirmesi: Performans değerlendirme formunun doldurulması ve sonuçların değerlendirilmesini kapsar. Yöneticinin bu aşamadaki sorumluluklarından bazıları şu şekildedir:

- Amaç, hedef ve kilit sorumlulukların gözden geçirilmesi

- Tüm yılı kapsayan bir performans değerlendirme yapılması
- Performans raporlanması için hazırlık yapılması

Faz-4: Performans Raporlanması: Performans yönetim sürecindeki en son fazdır. Çalışan ve değerlendirici arasındaki görüşmeyi içerir. Performans yönetim süreci bu fazla sonlanır ve yine bu fazla başlar. Görüşmenin başında personelin geçmiş yıldaki performansı sorgulanır ve gelişim planının başarısı değerlendirilir. Görüşme sonunda ise gelecek yıl için oluşturulacak performans planı için bir görüşme günü kararlaştırılır (Ozkeser: 2014: 35-36).

3. KURUMSAL PERFORMANS

Franco-Santos'un, 2007 yılında kurumsal performansın kavramsal tanımlaması ile ilgili yapılan çalışma, literatüre önemli fayda sağlamıştır. Yapılan bu çalışma içeriğinde özel sektör içinde yer alan firmaların performans değerlendirmesi ele alınmış ve 1980 yılı sonrasındaki yayımlanmış 300'den fazla araştırma incelenmiş, ama yalnızca on yedi firmanın kurumsal performans sistemine ilişkin yaptığı tanımlamaya rastlanmıştır. Yapılan inceleme sonucu ortaya çıkan bu sonuç, performans alanındaki bilim adamlarının veya araştırmacıların Kurumsal Performans Değerlendirme Sistemi kavramını kullanırken ne anlatmak istediklerini net olarak anlayamadığı veya tanımlamadığını belirtmektedir (Franco-Santos, 2007: 784-801).

1980'li yıllarda, yalnızca bir işletmenin finansal açıdan sağladığı katkı şeklinde bir kavram olarak görülen kurumsal performans, 1990'lardan sonra global bakış açısı ile, maliyet, verimlilik, kalite, esnek üretim gibi çok çeşitli unsurlara ilişkin ölçülerin de yer aldığı bir bakış açısı kazanmıştır. Başka bir deyişle, daha geniş bir perspektif ile bakılmaya başlanan kurumsal performansın, sadece firma sahiplerinin taleplerini göz önüne almak yerine, eş zamanlı olarak müşteri, kamu kurumları, çalışan personel ve yan sanayi gibi tarafları da ilgilendiren bir kavram olduğu görüşü ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, kurumsal performansın tanım olarak, 1990 yılında ortaya çıkmış ve firmanın stratejik hedefleri üzerine kurulmuş olduğu belirtilebilir (Bititci vd., 1997: 522-534).

Bu çok yönlü yönelim, daha da ilerde toplum ve yeni nesil gibi önemli paydaşları da kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bugün artık araştırmacıların tamamına yakını, kurumsal performans ölçüm sistemlerinin finans ve finans dışı ölçütleri birlikte kapsaması ve bu ölçütlerin beraberce dikkate alınmasının zorunluluğu konusunda fikir birliğine varmışlardır. Nitekim, kurumsal performansın küresel bir bakış açısıyla, çok boyutlu ölçüldüğü modeller literatürde çok sayıda yer almaktadır. Performans değerlendirmenin modellenmesinde de benzer bir yapı gözlenmektedir. Geçmiş yıllarda, performans değerlendirme sistemlerinde hiyerarşik dikey bir

yapılanma söz konusu iken, zamanla hem yatay hem dikey bütünleşmenin yer aldığı formlar desteklenmektedir (Neely, vd. 2000: 692-704).

Kurumsal performans değerlendirmenin firmadaki rollerinin zamanla gelişimine bakıldığında ise, ilk zamanlarda bu sistemin kontrol fonksiyonu açısından ön planda olduğu görülmüştür. İlerleyen senelerde bu sistemin işletmenin sürekli gelişimine, stratejinin belirlenmesi ve işletmedeki tüm bölümlere yaygınlaştırılmasına aktivitelerin stratejik amaçlarla uyumuna, yönetsel gelişime ve öğrenen bir organizasyon katkıda bulunma işlevleri de gündeme gelmiştir.

Belirtildiği üzere kurumsal performans alanında literatür son 30-35 yılda bir değişim süreci yaşamıştır. Bu değişim, kurumsal performansın kavramsal olarak içeriğini ve değerlendirme sistemlerinin genişlediğini de belirtmektedir. Varılan noktada, kurumsal performans; firmanın kârlılık, verimlilik, insan kaynağı, kalite, müşteri, inovasyon ve çevre gibi farklı boyutlarda gösterdiği bütünsel başarı olarak tanımlanabilir. Benzer bakış açısıyla, performans ölçüm/değerlendirme sistemini de yönetim boyutunda alınacak kararları ve sürekli gelişmeyi desteklemek için, firmanın belirlediği strateji ve hedeflere uyumlu, farklı performans boyutlarında gösterdiği başarının sayısal olarak değerlendirilmesini sağlayacak aktiviteler bütünü olarak belirtmek mümkündür (Ozkeser, 2014: 51).

4. PERFORMANS DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Personelin verimliliğinin belirlenmesi amacıyla kullanılan çok sayıda performans değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları geleneksel yöntemler iken, bazıları da geleneksel yöntemlerin eksikliklerinin geliştirilmesiyle oluşturulmuş modern yöntemlerdir. En çok rastlanan performans değerlendirme yöntemleri şunlardır:

1. Grafik Ölçüm (Değerlendirme) Yöntemi: Literatürde en fazla karşılaşılabilecek performans değerlendirme yöntemidir. Değerlendiren kişi; iş niteliği, teknik bilgi, ekip ruhu, işin zamanında tamamlanması ve girişimcilik gibi kriterlere bir ve beş arasında puan vererek en iyi ve en kötü olanları belirlemeye çalışır (Mckenna, 2002: 174). Bu yöntemin bir çok çeşidi bulunmaktadır. En çok bilinen ve kullanılan şekli ise, değerlendirmeyi yapacak en yakın üst yöneticilere değerlendirilecek her kişi için bir form verilerek doldurmaları istenir. Formda personelde bulunması beklenen nitelikler ve bu niteliklerin karşısında onların çeşitli derecelerini gösteren rakamlar ya da iyi, zayıf vb. tanımlamalar bulunur. Her tanımlamaya ayrıca bir de sayısal değer verilmiştir. Karşılık gelen değerler toplanarak toplam değerlendirme sonucu bulunur. Sonunda ise, her personel için sayısal değerler birbirleriyle

karşılaştırılarak, birbirlerine göre ne kadar başarılı oldukları belirlenir.

Grafik ölçüm yönteminin bazı dezavantajları da vardır. Formda yer alan tanımlamaların (zayıf, iyi vb.) etkisi değerlendirmeyi yapan yöneticilere göre göreceli olabilir. Bazıları için çok iyi görülen bir performans başka bir bakış açısına göre ise orta veya yetersiz gelebilmektedir. Ayrıca ortaya çıkabilecek diğer bir sakınca da yöneticilerin alt çalışanları değerlendirirken aşırıdan kaçmaları ve ortalama bir yolu tercih etmeleridir. Bu durum personel arasındaki farkların ortaya çıkmasını engellemektedir (Ozkeser, 2014: 88-89).

2. Zorunlu Seçim Yöntemi: Grafik ölçüm yöntemindeki olumlu değerlendirme yöneliminin engellenmesi için değerlendiren kişiye yüksek puana sahip olduğunu net olarak anlayamayacağı bazı ifadeler verilerek, değerlendiren kişinin bunların içinden zorunlu olarak seçim yapması talep edilir. Bu yöntem, düşük maliyetli ve pratiktir. Ancak dezavantajı ise, ifadelerin kimi zaman personeli şüpheye düşürmesidir.

3. Kıyaslama (İkili Karşılaştırma) Yöntemleri: Bu yöntemde çalışanlar birbirleriyle kıyaslanır ve neticesinde en iyiden en kötüye doğru sıralanır. En çok yer alan kıyaslama yöntemleri ise adam adama kıyaslama, sıralama yöntemi ve alternatif sıralama yöntemidir.

4. Puanlama Yöntemi: Her kriterin önem derecesi bazı puan atanmasının yapıldığı bir yöntemdir. En yaygın kullanımda kriterler beş dereceye ayrılır ve puan aralığında en başarılıdan başlar, başarısızla kadar isimlendirilir. Yöntemin avantajı, değerlendirmenin kolaylığı iken, dezavantajı her bölümün özgün kriterlerle değerlendirilmesi gerekliliğidir.

5. Derecelendirme yöntemi: Personeli değerlendirmek için oluşturulan kriterlere en uygun seçeneğin işaretlenmesine dayalı bir uygulamadır. Seçeneklerin açıklama içermesi, formu dolduran kişi için seçenekler arası farklılığı anlamasına yardımcı olur. Derecelendirme yönteminin avantajları:

- Diğer yöntemlere göre daha açık ve nettir.
- Tutarlı değerlendirmeye olanak sağlamaktadır.
- Sonuçları elde edilmesi kolay olduğundan maliyeti düşük bir yöntemdir.

Derecelendirme yönteminin dezavantajları:

- Seçenekler arası farkların açık biçimde ifade edilmesi gerekir.
- Seçenek tanımlarını yapmak profesyonellik ister.

6. Kontrol listesi yöntemi: Değerlendiren kişinin formda belirtilmiş faaliyetler içinden personelin sahip olduğu kriterleri seçmesine dayanan bir yöntemdir. Kontrol listesi yönteminin avantajı kullanımı kolay ve düşük maliyetli olması iken, dezavantajı olarak halo etkisinin görülebilme olasılığı belirtilebilir.

7. Puan tahsis yöntemi: Uygulama açısından değerlendirildiğinde zorunlu dağılım yöntemine benzer. Personelin en başarılı olanından, en başarısızına kadar sıralanması işlemini içerir. Böylece personeller arası bir sıralama oluşturulmuş olur. Basit ve uygulaması kolay bir yöntem olması önemli bir avantajı iken, değerlendirici hatasına açık bir yöntem olması ve puanlamanın iş görenler arası farkı gösterme niteliğine sahip olmama olasılığıdır.

8. Davranışsal değerlendirme yöntemi: Zorunlu seçim yöntemi ile derecelendirme yönteminin bütünleşik yapısıyla oluşturulan bu yöntem çalışanın bulunduğu durumu belirten bir tek seçeneğin işaretlenmesi mantığına dayanır. Davranışsal değerlendirme formunun hazırlanmasında çalışanın da katılımına izin verilmesi, diğer yöntemlere göre kişinin değerlendirme formunu benimsemesi sağlamaktadır. Bu yöntemin avantajlarını şu şekilde belirtmek mümkündür:

- Çalışanın, hazırlık aşamasında içinde bulunmasından dolayı, diğer yöntemlere göre daha çok benimsenir.
- Ücretlendirme politikası ve kariyer yol haritası hazırlanırken, içeriği dolayısıyla bu yöntem kaynak oluşturur.
- Çalışanın gerçekleştirdiği işi baz olarak alınır ve puanlanır.

Davranışsal değerlendirme yönteminin dezavantajı ise, yöntem geliştirilmesinin zaman alıcı ve maliyetinin yüksek olmasıdır (Ozkeser, 2014: 89-91).

Literatürde en fazla kullanılan performans ölçüm sistemlerine ek olarak aşağıdaki ölçüm sistemleri de bazı kaynaklarda yer almaktadır. Bunlar;

Kritik Olay Yöntemi: Bu yöntemde değerlendiren kişi, personelin işlerini yürütürken beklenen limitten yüksek çıkan pozitif ve negatif tutumlarını tespit eder. Gözlemlenen bu davranışlar kritik olay olarak adlandırılır. Bu şekilde adlandırmanın nedeni ise, iş yerindeki başarı veya başarısızlığa direkt etki etmeleridir. Kritik olay yöntemi, planlama ve hazırlık safhalarında uzun bir süreyi kapsamaktadır. Ancak değerlendirme yapılan personelin gelişime açık yönlerinin rahatlıkla belirlenmesi ve değerlendirme yapan kişiye sağlıklı bir geribildirim sunması açısından fayda sağlar. Bu yöntemde, değerlendirmeyi gerçekleştirecek olan yöneticilerden değerlendirme dönemi içinde değerlendirilecek her alt çalışanın başarısını veya başarısızlığını gösteren birbirinden değişik olayları bir forma kaydetmeleri talep edilir. Kritik olay yönteminde, bir savaş sürecindeki gözlemler ve uygulamalardan esinlenilmiştir. Savaşta göreve çıkan havacı askerlerin başarılarında veya başarısızlıklarında etkisi olan kritik olaylar ve davranışların neler olduğu dikkatle belirlenmiş ve ardından yapılan görüşmelerin de yardımıyla kritik olaylar listesi hazırlanmıştır. Daha sonra görevliler, bu kritik olaylara uyan veya uyum göstermeyen davranışları belirlemek suretiyle değerlendirilmiştir. Bu

yöntem mantığında; değerlendirme, değerlendirilen an itibariyle olan izlenimlere değil, tüm dönem süresince gerçekleşen somut olaylara dayandırılmaktadır. Ayrıca, kritik olay yönteminde dikkat edilen olumsuz olayların bunu gerçekleştiren kişiye hatırlatılması ile kişinin davranışlarını düzeltmesine de olanak sağlar. Bunlarla birlikte bu yöntemin dezavantajları da mevcuttur. Bu yaklaşım gereğince, yöneticiden alt çalışanların kritik faaliyetlerinin günlük ya da haftalık olarak kaydedilmesi istenmektedir. Bu talep yönetici açısından fazla iş yükü veya yorucu olarak düşünülebilir. Ayrıca, asıl değerlendirme sonuçlarının dönem sonunda gerçekleşmesinden dolayı alt çalışanların kendilerini düzeltme imkânları, aradaki sözlü uyarılar dışında gecikeceği için, bu da yöntemin başka bir dezavantajı olarak düşünülebilir (Cornelius, 2001: 183-220).

Tanımlayıcı Metin Tipi Değerlemeler: Değerlendiren kişi, personelin güçlü ve gelişime açık yönlerini, yazarak tespit eder. Ayrıca bazı önerilerde de bulunması mümkündür. Yöntemin en zayıf yönü, değerlemede kullanılan standartların değişkenliğidir. Ayrıca, öznel değerlendirmeler ve yargılara da açıktır (Cornelius, 2001: 175-188).

360 Derece Değerleme Yöntemi: Bu yöntem, karma değerlemenin gerçekleştiği bir yaklaşımdır. Değerlemede çok sayıda insan ve ölçütün kullanılmasından dolayı, 360 derece değerlendirme yaklaşımı ismini almıştır. Hem çalışanların sahip olduğu özellikler itibariyle kendilerini hem de aynı organizasyondaki diğer mesai arkadaşlarını değerlendirme olanağı sunan 360 derece değerlendirme yöntemi yaklaşımında farklı değerlendiricilerden toplanmış bilgileri almak mümkündür. 360 derece değerlendirme yaklaşımı içinde kabul gören temel düşünce, sekiz ana yetenek açısından personelin performansının tüm yönleri ile izlenmesidir. Bu alanlar; insanlarla ilişkiler, görev yönetimi, iletişim, liderlik özellikleri, değişime uyum, üretim ve iş sonuçları, başkalarının yetiştirilmesi (başarıya katkı) ve personelin geliştirilmesidir. Bu değerlendirme yönteminin temeli organizasyonun tümü ile bütün faaliyetlerin sürekli değerlendirilmesi esasına dayanır. Bu yöntemde organizasyondaki her faaliyetin herkes tarafından denetlenmesi söz konusudur. Organizasyonda bu yöntem ile performans yönetim yapıtaşının oluşturulmasının avantajları ise, çalışanların performans gelişimi açısından çok yönlü bir geri besleme sağlanması, çalışanlar ile iç ve dış müşterilerin arasındaki iletişim düzeyi hakkında bilgi edinilmesi, organizasyonda kişisel ilişkilerin gelişmesi doğrultusunda zemin hazırlaması, çok sayıda değerlendiriciye imkân vermesi, çalışanların gerçekleştirdikleri faaliyetlerinin çevredekiler tarafından nasıl algılandığının görülmesi, yöneticilerin çalışanların yetenekleri hakkında daha fazla bilgi sahibi olması, çalışana göre işin yaratılmasına hizmet etmesidir (Cornelius, 2001: 157-158).

5. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatür incelendiğinde, 1900'lü yılların başında Amerika Birleşik Devletlerinde özellikle kamu hizmeti veren kurumlarda organizasyonel performans yönetiminin periyodik olarak uygulandığı görülmektedir. Değerlendirme, Taylor'un iş ölçümü ve verimlilik çalışmalarıyla birlikte bilimsel olarak kullanılmaya başlamıştır (Taylor, 1996: 66-79). Türkiyede ise önce kamuyla gelen performans değerlendirme uygulamaları sonra özel sektörde de yaygınlaşmış ve zamanla bu alana olan ilginin gerçekleşen bilimsel etkinliklerle daha da arttığı dikkati çekmiştir.

Geçmiş yıllardan günümüze kadar performans yönetiminde birçok değerlendirme aracının önerildiği görülmektedir. Yeni önerilen bir sistem daha önceki sistemleri ele alıp eleştirel yaklaşımla inceleyerek eliptirmiştir. Örnek çalışmalara bakıldığında 1991'de "Performans Piramidi"nin ilgili dönemdeki en çok tercih edilen değerlendirme aracı olarak kullanıldığını belirtmek mümkündür. Bu model geleneksel ölçüm modellerinden duyulan tatminsizlik sonucu doğmuştur. Performans piramidinin amacı, yukarıdan aşağıya doğru gelen amaçları ve aşağıdan yukarıya doğru yönelen ölçüleri dönüştürerek işletmenin faaliyetlerini işletme stratejileriyle bağlamaktır (Cross ve Lynch, 1991: 20-41).

1992 yılında ise "The Balanced Scorecard" yani Kurumsal Karne yaklaşımının geliştirildiği görülmektedir. Kurumsal karne, biri akademisyen, diğeri danışman olan Robert S. Kaplan ile David P. Norton tarafından geliştirilmiştir. Robert S. Kaplan ve David P. Norton, BSC'yi, hedefleri ve performans ölçülerini mantıksal bir yapı içinde vizyon ve stratejiler ile ilişkilendirerek, işletmenin vizyonunu ve stratejilerini ölçülebilir hedeflere, faaliyetlere ve kapsamlı bir performans ölçüleri kümesine dönüştüren, çok boyutlu bir performans ölçüm ve yönetim sistemi olarak tanımlamaktadır (Kaplan ve Norton, 1996: 18-32). Yine en iyi bilinen örneklerden olan ve ilgili dönemde çok sayıda kuruluş tarafından tercih edilen "Performans Prizması" da belli bir süre sonra literatüre kazandırılmıştır. Performans prizmasının boyutları paydaş memnuniyeti, stratejiler, süreçler, yetenekler, paydaş katkısı olarak tanımlanmıştır (Neely vd., 2000: 692-704). Bu yöntemlerle ilgili çalışmalar incelendiğinde, nesnel metotların dikkate alınmadığı gözlemlenmiştir.

Performans ölçülerinin geliştirilmesine ilişkin sistematik bir yaklaşım da Sandia Ulusal Laboratuvarlarında uygulanmıştır. Sandia Ulusal Laboratuvarları, ABD Enerji Bakanlığı'nın ana ulusal Ar-Ge laboratuvarıdır ve Sandia Corporation tarafından yönetilip işletilmektedir. Yaklaşım, ABD Enerji Bakanlığı'nın kendi bünyesinde sürekli gelişmeyi teşvik etmek ve performansa dayalı yönetim tekniklerinin uygulanmasını kolaylaştırmak amacıyla, Eğitim

Kaynakları ve Veri Değişimi - Performansa Dayalı Yönetim Özel İlgi Grubu'ndan aldığı hizmet kapsamında yürütülen faaliyetleri anlatan bir el kitabı olan Performans Ölçümü, Teknik ve Araçlar için El Kitabında anlatılmaktadır. Bu el kitabında belirtilen yaklaşımın içeriği, bir aktivitede görev alanların, o aktivite bitiminde kendilerinden bekleneni, yapılan işin genel amaca nasıl hizmet ettiğini, süregelen akışın ne kadar iyi olduğunu ve sonuçların sapma göstermesi durumunda ne yapılması gerektiğinin bilinmesi düşüncesinden yola çıkarak, performans ölçülerinin faaliyetlerle beraber ele alınması gerektiğine vurgu yapılmaktadır. Bu yaklaşım gereğince, bir faaliyetin sonuçları ölçülerle sayısallaştırılabildiğinde, o faaliyete ilişkin düzeltici bir aktiviteye gerek olup olmadığını anlamak için, ölçülen verileri, belirlenen kriterlerle (hedeflerle) karşılaştırmak yeterli olacaktır. Örneğin beyin fırtınası, ölçülebilecek kriterlere ait listelerin oluşumunu sağlayabileceği belirtilmektedir. Bu noktada, seçilen ölçüler, faaliyetle ne kadar yakından ilişkili olursa o ölçüde de düzeltici eylemlerin hayata geçirilebileceği göz önüne alınması ifade edilmektedir (TRADE: 1995). Bu çalışmanın incelenmesi neticesinde, ölçülerin öznel yargılarla seçilebileceği gözlemlenmiştir.

Her bir organizasyonel performans değerlendirme aracının geliştirilmesinin ardından devam eden ihtiyaç noktaları ve tatminsizlik yeni modellerin geliştirilmesini sağlamıştır. Bütünleşik Performans Ölçüm Sistemleri (IPMS) de bu yaklaşımlardan biridir. IPMS, Strathclyde Üniversitesi üretim sistemleri grubunun sanayiye yönelik mevcut performans ölçüm sistemlerinin bir referans modele göre denetlenmesi ve sonra daha sağlam, esnek ve bütünleşik performans ölçüm sistemlerinin tasarlanması amacıyla kapsamlı ve daha dikkatli araçlar, teknikler ve prosedürler geliştirmeleri sonucu 1997'de ortaya çıkmış bir modeldir (Bititci vd., 1997: 522-534).

Bütünleşik performans ölçüm sistemi (IPMS) performans yönetim sürecinin etkili ve verimli çalışabilmesi amacıyla oluşturulan bir bilgi sistemi olarak tanımlanmaktadır (Garengo vd., 2005: 25-47). Bu grup tarafından geliştirilen performans ölçüm sistemi iki tabanlı bir temele dayanmaktadır. Bunlar, bütünleşme ve yayılma. Bütünleşme, işletmenin çeşitli alanlarındaki bütünleşmesinin ilerletilmesi amacıyla performans ölçüm sisteminin yeteneğine vurgu yapmaktadır. Yayılma ise, işletme amaç ve politikalarının daha önce belirtilen organizasyonun hiyerarşik yapısı doğrultusunda yayılması anlamını taşımaktadır. Bu içerikteki yayılmanın amacı; performans ölçümlerinin organizasyonun çeşitli düzeylerinde kullanılarak işletme amaç ve politikalarını yansıtmak, organizasyonun hiyerarşisi ile tutarlı olmak ve bireysel işletme alanları ile etki ve etkilenmeyle de ilgili olarak yayılmanın sağlanması olarak belirtilmiştir (Bititci vd., 1997: 522-534). Bütünleşik performans ölçüm sistemi, organizasyonel performans değerlendirmesini

işletme fonksiyonları performansı ile birlikte ele almış karmaşık bir yapıdır.

Literatürün başka bir yaklaşımı olan, bütünleşik dinamik performans değerlendirme aracı ise, işletmenin rekabet gücünü artırarak sürekli iyileştirme sağlamaktır. Bu model işletmenin üç temel fonksiyonel alanının bütünleşmesine dayanmaktadır. Bunlar yönetim, süreç iyileştirme takımı ve üretim bölümüdür. Bu fonksiyonların bütünleşik anlamda değerlendirilmesi ve sistem performanslarının geliştirilmesi üç farklı araç yardımıyla yapılmaktadır. Bunlar, performans ölçüm anketi (PMQ), yarı ömür kavramı ve değiştirilmiş değer odaklı dönüş süresi diyagramı (MVFC) (Ghalayini ve Noble, 1997: 63-80). Bütünleşik Dinamik Performans Ölçüm Sisteminin ölçümleri; zamanlılık, finans, müşteri memnuniyeti, insan faktörleri, kalite ve esnekliktir. Modelde kullanılan yönetim terimi; genel yönetim, pazarlama, mühendislik, üretim, finans ve muhasebeyi kapsamaktadır. Yönetim, IDPMS'de kullanılan genel ve özellikli başarı alanlarını belirlemeden sorumludur. Daha çok uzun dönemli başarılarla tanımlanan genel alanlar, organizasyonun stratejisi ve performans ölçüm anketine dayanmaktadır. Rekabet edebilmek amacıyla özellikli bir ürünün pazarı için belirli alanların başarısı gerekmektedir. Bu alanlar modelde daha çok satış, pazar payı ve müşteri memnuniyeti raporlarına göre pazarlama bölümü tarafından belirlenmektedir. Bütünleşik dinamik performans değerlendirme aracı; organizasyona stratejik bakış açısıyla yaklaşan ve anket çalışmasına dayanan bir yapıdır. Bu yaklaşım da bütünleşik performans ölçüm sisteminde olduğu gibi organizasyonel performansı diğer işletme fonksiyonlarıyla ele almaktadır (Ozkeser, 2014: 70-71).

2000 yılında ise bir grup CSIRO (The Commonwealth Scientific and Ind. Research Org.- Bilimsel ve Sanayi Araştırma Organizasyonları Topluluğu: Avustralya'da KOBİ'ler yararına çalışan bir topluluk) çalışanı tarafından KOBİ'ler üzerinde yapılan araştırmalar sonucu Örgütsel Performans Ölçüm aracı (OPM) ortaya konulmuştur. Bu araştırma ile amaçlanan, işletme riskine katkısı bulunan bütün kritik faktörleri dikkate alan ve bu sebeple daha bilinçli karar alınmasını sağlayan daha iyi bir organizasyon sistemi ortaya koymaktır. Bu araştırmada değişik sektörlerden, değişik coğrafik bölgelerden, farklı büyüklüklerde (6-400 kişi arası çalışanı olan), değişik gelişmişlik düzeylerinde (pazar, ürün ve hizmet açısından) bulunan, kalite yönetimi konusunda sıfırdan hatırı sayılır ölçüde önceliklere sahip yapıda olan 20 işletme üzerinde gerçekleştirilen alan uygulamalarından elde edilen çıkarımlara yer verilmiştir. Sonuçta, ölçüm modelin uygulanması aşaması ile ilgili olarak sekiz adımlı bir yapı ortaya çıkmıştır. Bu adımlar Barnes ve diğerleri tarafından 1998'de sunulan makalede şu şekilde belirtilmiştir: Genel olarak ölçüm sisteminin tasarlanması, verilere dayalı planlama ve karar verme süreçlerinin oluşturulması, karar

vermek için kullanılacak verinin kapsamının belirlenmesi, yönetim sisteminin tasarlanması, veri toplama işleminin gerçekleştirilmesi, toplanan verilerin analiz edilmesi, analiz sonrası verilerin uygun bir şekilde sunumu, ölçüm sisteminin belli aralıklarla gözden geçirilmesidir. Bu modelde işletmenin bütün yönleri ile performans düzeyi değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca KOBİ'ler için uygun ve onlarla alakalı özel gelişim önerileri de yapılmaktadır. Bu model üç temel prensip üzerine kurulmuştur. Bu prensipler; uyumlaştırma, süreç bazlı düşünme ve uygulanabilirlik olarak belirtilmiştir. OPM sisteminde başarı mutlak bir şekilde ortaya konulmamıştır. Çünkü başarı algısal bir kavramdır ve bu sistemde işletmenin paydaşlarına değişik yollardan ek değer sağlayan her şey başarı faktörü olarak düşünülmüştür. Taktik düzeydeki ölçütler yol gösterici olarak görev yapmaktadırlar. Bu düzeyde daha çok firmanın neler yapmaya ihtiyacı olduğunu ve değer yaratmak için neler üretebileceğini yansıtacak göstergeler belirlenir. Bunlar OPM sistemi tarafından temel performans göstergeleri (KPI) olarak adlandırılırlar. Bu göstergeler ile firma içerisinde bütün kritik yönleri ile yer alan performans belirlenmeye çalışılır. Bunlar, üst düzey yöneticiler tarafından işletmenin temel süreçlerinin geliştirilmesi ve yönetilmesi amaçları ile kullanılır ve genellikle aylık ya da üç aylık olarak raporlandırılır. Operasyonel düzeydeki ölçütler işletmenin asıl işleri ile ilgilidir. Özetle, stratejik seviyedeki başarı göstergeleri, bir katma değer elde edilip edilmediğini belirtirken; temel performans göstergeleri, organizasyonun bir değer yaratıp yaratmayacağını ve organizasyonun elde ettiği temel çıktıları gösterir. Operasyonel göstergeler ise, daha düşük düzeydeki faaliyet ve çıktıları yansıtır ve temel performans göstergeleri için tahmin edici sonuçlar üretir (Ozkeser, 2014: 75-76).

Literatürde geliştirilen bu organizasyonel performans değerlendirme araçlarının yanısıra, farklı performansların ölçümü için de organizasyonel performanstan bir köprü niteliğinde faydalanılmıştır. Tedarik zinciri performansının organizasyonel performans ile ölçüldüğü bir çalışmada, kurumsal karne (balance score card) kullanılmıştır. Sonuçlar, örgütsel performans üzerinde finans, pazarlama ve inovasyonun pozitif ve istatistiksel öneminin olduğunu ortaya koymuştur. Bu makale, literatürde bilinen değerlendirme araçlarından olan kurumsal karne kullanımı ile sonuçlanmıştır (Gyula, 2013: 1505-1510).

Yakın geçmişteki literatür çalışmalarında ise, organizasyonel performansın bir işletmedeki her fonksiyonu önemli derecede etkileyebileceği gözlemlenmektedir. Organizasyonların performans değerlendirme süreçlerinin sistemi direk etkilediği ve sürecin sağlıklı olmasının kişilerin performans gelişimine olumlu katkı sağladığını farklı çalışmalarda ele alınmıştır.

(Noruzy, 2013: 1073-1085), (Fashami ve Moghadam, 2013: 608-612), (Mosconi ve Roy, 2013: 68-76).

Organizasyonel performansın sürdürülebilirliği ve bunun firmaya direk ve indirek etkilerine ise farklı çalışmalarda yer verilmiştir (Liviu, 2013: 1690-1697), (Sarhan ve Fox, 2013: 23-35), (Dadzie vd., 2012: 172-182). Bowlby ise Living the Future: Organizational Performance Assessment adlı makalesinde çok sayıda örneği bir arada sunmuş ve organizasyonel performans değerlendirmesinin önemini ön plana çıkarmıştır (Bowlby, 2012: 626-652). Veri zarflama yaklaşımını kullanan Liu ise, çalışmasında organizasyonel performans değerlendirme uygulaması gerçekleştirmiş ve bunun sağladığı faydalar ön planda tutmuştur (Liu, 2009: 15-30).

Bu araştırmalardan da anlaşılacağı üzere, organizasyonel performans yönetimi bir kurumun tüm faaliyetlerine ciddi etki gerçekleştiren önemli bir süreçtir. Dolayısıyla bu sürecin tarafsız yönetiminin aynı ölçüde çalışanın memnuniyetini de sağlayacağı belirtilebilir.

6. YÖNTEM

Makale içinde uygulanan yöntemleri üç ana başlıkta toplamak mümkündür:

- Modelin tasarımı
- Kavram geliştirme
- Teknolojik uygulama etüdü

Modelin tasarımı: Yer alması beklenen kriterlerle ile kullanılacak performans değerlendirme yöntemlerinin bütünlüğü ile önerilen model tasarlanmaktadır. Bu tasarım içinde oluşturulan performans kriter havuzu (P_n) yöneticinin olması gerektiğini düşündüğü başka kriterler de yer aldığı, eklenebilecek esnekliği sağladığı için sistem dinamizmi korunmaktadır. Tasarım aşamasında kullanılan metotlar şu şekilde açıklanabilir:

a. Anket Yöntemi: Performans kriter havuzu (P_n) uygulamanın yapıldığı lokasyondaki çalışanlar tarafından anket yöntemi ile bilgiler toplanarak oluşturulmuştur. Çalışanlara, hangi göstergelerin dikkate alınması gerektiği hakkında ve kullanılan performans değerlendirme yönteminden taşınması beklenen özellikler hakkında sorular yöneltilerek, anket formları ile veri sağlanmıştır. Dolayısıyla her bir performans yönetim kriterinin ve değerlendirme sorusunun menşei yine insan kaynağının kendisi olmuştur. Anket soruları içinde; performans göstergelerine ilişkin verilen cevaplar P_n 'ı oluştururken; kullanılan yöntemden beklentiler de analitik hiyerarşi prosesinde kullanılacak bilgi kaynağını oluşturmuştur.

Bu havuzun, nesnellik politikasına bağlı ve zamanaşımına uğramayan bir yapıda olması kaçınılmazdır. Dolayısıyla, performansı değerlendiren yönetici, sektörün beklentileri gereğince de sisteme performans ölçütü ekleme yetkisine sahiptir. Örneğin; üç

boyutlu tasarım programı hakkında ileri düzeyde bilgi sahibi olması, çalışandan beklenen bir kriter olabilir.

b. Analitik Hiyerarşi Proses (AHP): Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), ilk olarak 1968’de Myers ve Albert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977’de ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir. AHP, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme ve tahminleme yöntemi olarak açıklanabilir. AHP bir karar hiyerarşisi üzerinde, önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Sonuçta önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzde dağılıma dönüşmektedir (Saaty, 1977: 234-281).

Özetle; AHP, öğeleri arasında karmaşık ilişkiler sergileyen sistemlere ait karar problemlerinde; sistemi alt sistemleriyle ilişkili, hiyerarşik bir yapıda oldukça basitleştirerek ifade edip, mantıksal düşünceyle irdeleyebilen bir yaklaşımdır (Felek vd., 2007: 6-22). Mantıksallık özelliğiyle de makalenin ana amacı ile örtüşmektedir.

AHP yönteminin uygulama adımları şu şekildedir:

Adım 1. Karar Probleminin Tanımlanması ve Modelin Kurulması: İlk aşamada karar verme problemi net bir şekilde tanımlanır, hedef, ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler anlaşılır bir biçimde ifade edilir. Problemin tanımlanması aşamasında amacın ve kriterlerin oluşturulmasında karar vericiler ile yapılacak değerlendirmelerin sistematik olması önem arz etmektedir.

Adım 2. İlişkilerin Belirlenmesi: Kriterlerin etkileşimleri belirlenerek yapı kurulur. Hiyerarşik, sınıf içi, sınıflar arası ve kriterler arası tüm etkileşimlerin incelenmesi ve ilişkilendirilmesi gerekir.

Adım 3. Kriterler Arası İkili Karşılaştırmaların Yapılması ve Öncelik Vektörlerinin Hesaplanması: Belirlenen bir ölçek üzerinde karar vericilerin kullandıkları yöntemle kriterler ve sınıflar arası ikili karşılaştırmalar yapılır. Ölçek kullanılarak yapılan ikili karşılaştırma değerleri matris çatısı üzerinde oluşturulur.

Adım 4. Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılık Analizlerinin Yapılması: Yapılan ikili karşılaştırmalarda belirlenen etkileşimin tutarlı olup olmadığı tutarlılık oranı (CR) hesaplanarak ölçülmektedir. Tutarlılık indeksi (CI)’nin, Rastgele Tutarlılık indeksi (RI)’ ya bölümü ile tutarlılık oranı elde edilir ve bu değer 0.10 değerinden az ise ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu söylenebilir. Eğer 0.10’dan büyükse karar verici grup, yapılan karşılaştırmaları tekrar gözden geçirmelidir. Tutarlılık indeksi Saaty tarafından geliştirilmiştir.

Adım 5. Karar Matrisinin Oluşturulması: Karar matrisi, iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir. Alternatiflere ait ağırlıklı puanların hesaplanması için, alternatiflerin analizi sonucu oluşan n tane $m \times 1$ boyutlu sütun vektörü, $m \times n$ boyutlu karar matrisini oluşturur. Bu matris, kriter karşılaştırmaları sonucu elde edilen w sütun vektörü ile çarpılarak, yeni bir sütun vektörü elde edilir. Bu vektörün her bir elemanı, karar alternatiflerinin puanlarını gösterir. Toplamı 1 olacak şekilde ortaya çıkan bu değerler içerisinde, en büyük puana (öneme) sahip alternatif en uygun alternatiftir (Saaty, 2005).

Model tasarımının ikinci aşamasında, yukarıda uygulama adımları yer alan Analitik Hiyerarşi Prosesinden (AHP) faydalanılmıştır. Karar hiyerarşisi modelinde; performans değerlendirme yöntemleri AHP’nin alternatifleri; anket içinde toplanan ve bu yöntemlerden taşınması beklenen özellikler de AHP’nin ölçütlerini oluşturmuştur. Yapılan anket sürecinde; mevcut organizasyonel performans değerlendirme yöntemleri; kendi içinde avantaj ve dezavantajları açısından ayrı ayrı maddelenerek, katılımcılara yöntemler hakkında özet bilgi verilmiştir.

c. Karar Destek Sistemi: KDS (Karar destek sistemi), toplanan veriler ve bunların içinde oluşturulması gereken karar mekanizmaları amacıyla geliştirilen bilgisayar tabanlı sistemlerdir. Verileri ve modellerin etkin kullanımını sağlayarak karmaşık problemlerin çözümüne katkıda bulunurlar. Karar destek kavramı iki alandaki araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır. Bunlar:

- Carnegie Institute of Technology’de 1950-1960 yıllarında yapılan teorik organizasyonel karar verme çalışmaları
- Massachusetts Institute of Technologyde 1960’lı yıllarda yapılan etkileşimli bilgisayar sistemlerinde teknik iş çalışmalarıdır.

Karar destek sistemlerinin yararlarını özetlemek gerekirse; çok sayıda iterasyon, beklenmedik durumlarda hızlı cevap, anında analiz yeteneği, yeni anlayışlar ve öğrenme, zaman tasarrufu, veri kaynaklarını daha iyi kullanma gibi yönleri belirtilebilir. Karar destek sistemleri içinde en fazla karşılaşılanlar; Expert Choice, Decision Lens ve Super Decisions gibi programlardır. Bunların içinden Expert Choice kullanıcıya sağladığı anlaşılabilir yapısı, duyarlılık analizini kolaylıkla yapmaya imkân vermesi açısından oldukça kullanışlı bir programdır. Matrislerin programa aktarılması ile sistem her karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranını hesaplamaktadır. Böylece tutarlılık oranı kabul edilebilir limitin dışında olduğu durumlarda alınan verilerin tekrar gözden geçirilmesi sağlanmaktadır. Bu makalede, Expert Choice programının çalıştırılması ile en yüksek öneme sahip performans değerlendirme yöntemi dikkate alınmaktadır.

Kavram geliştirme: Makale çalışmasının sonunda elde edilen “öğrenmede büyüme” verileri, uygulamanın yapıldığı kurum içinde yeni bir kavram olarak geliştirilmiştir. Performans kriter havuzu (P_h), ana grup isimleri (AG) altında toplanmaktadır. Her AG için AHP sonucunda önem derecesi en yüksek çıkan yöntem ile nihai puan elde edilmiş ve bu puan “Öğrenmedeki büyüme” seviyesini göstermiştir. Her bir AG için de ayrı ayrı öğrenmede büyüme oranı gösterilebilmektedir.

Teknolojik uygulama etüdü: Teknolojik uygulama etüdünde, makale kapsamında tasarlanan modelin uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada, ankete verilen yanıtlar, elde edilen istatistikler ve her bir çalışana ait öğrenmede büyüme puanı elde edilmiştir. Sonuçlar, özellikle insan kaynakları gelişimi açısından yol gösterici olan kariyer haritalarına önemli ölçüde fayda sağlamaktadır.

7. UYGULAMA

Uygulamanın ilk aşaması anket süreci ile başlamaktadır. Anket, uygulamanın gerçekleştiği kurumda sanal olarak katılımcıların kurumsal e-posta adreslerine gönderilmiştir. Yapılan ankette kullanılan form iki ana bölümden oluşmaktadır ve aşağıda tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Performans Yönetimi - Veri Toplama Anketi

Performans Yönetimi - Veri Toplama Anketi
Soru:1 >> Performans yönetiminde, değerlendirilmesini istediğiniz kriterleri yazınız. (Kriter sayısı için sınırlama bulunmamaktadır.)
Soru:2 >> Performans yönetiminde kullanılan değerlendirme yöntemleri aşağıda kısaca özetlenmiştir. Her bir yöntemle ilgili bilgiyi okuduktan sonra, genel olarak performans değerlendirme yöntemlerinden taşımasını beklediğiniz özellikleri belirtiniz. (Özellik sayısı için sınırlama bulunmamaktadır.)

Anket sonrasında birinci soru için elde edilen cevaplar tablo 2’de, ikinci soru için beklenen özellikler de tablo 3’de gösterilmektedir. Tablo 2’de, verilen yanıtlarla oluşan performans kriter havuzu ve bu kriterlerin yer aldığı ana grup isimleri (AG) de yer almaktadır. Alınan yanıtlar üzerinde yapılan derleme sonucunda, bazı kriterler eş anlama gelebilecek açıklamalarla yazıldığı için mükerrer olmaması adına tek bir kriter dikkate alınmıştır.

Tablo 2. Performans kriter havuzu ve ana grup isimleri

AG	KİŞİSEL ÖZELLİKLER	ORGANİZASYON YÖNETİMİ	MESLEKİ BİLGİ
Performans Kriter Havuzu	Sonuç odaklılık İkna kabiliyeti Sorumluluk Sabır Araştırmacılık ve İnovasyona açıklık Şeffaflık Dürüstlük	Zaman yönetimi Bilgi paylaşımı Güçlü iletişim Ekip uyumu Liderlik kabiliyeti Çalıştığı departman hedefleriyle senkronize Risk yönetim kabiliyeti	Yapılan işe hakim olunması Verilen işin zamanında tamamlanması İş geliştirme kabiliyeti Etik kurallara uyum Maliyeti düşürme çalışmaları İş normlarına uyum Kişisel gelişim çabası

Tablo 3. Performans değerlendirme yöntemlerinden beklenen özellikler

Çok yönlü değerlendirme
Nesnel yaklaşım
Yalın içerik
Modülerlik

Performans değerlendirme yöntemlerinden beklenen özellikleri şu şekilde açıklamak mümkündür:

Çok yönlü değerlendirme: Personel, her açıdan değerlendirilmesini talep etmektedir. Gelişime açık yönlerinin, kuvvetli yönlerinin ve orta düzeyde yer alan özelliklerinin bütünlük olarak ele alınmasını tercih eder.

Nesnel yaklaşım: Organizasyonel iklimin bozulmaması, kuruma olan aidiyet duygusunun zedelenmemesi, motivasyonun düşmemesi için değerlendirme aracının nesnel bir yaklaşım içinde olması gerekmektedir.

Yalın içerik: Kompleks bir yapıdan uzak, değerlendirme süresince personelin özellikleri hakkında yalın sorular içeren bir form olması beklenmektedir.

Modülerlik: Elde edilen bilginin, kişisel gelişim ihtiyaçları, kariyer planlaması, rotasyon, terfi vb. konularda kullanılabilir nitelikte olması gerekmektedir.

Elde edilen bilgi doğrultusunda kurulan hiyerarşik yapı şu şekilde olup, tablo 4 ‘de gösterilmektedir.

Amaç : Y Departmanının Performans Değerlendirmesi

Ölçütler : Çok yönlü değerlendirme, nesnel yaklaşım, yalın içerik, modülerlik

Alternatifler : Grafik Ölçüm Yöntemi, Zorunlu Seçim Yöntemi, Kıyaslama (İkili Karşılaştırma) Yöntemi, Puanlama Yöntemi, Derecelendirme Yöntemi, Kontrol Listesi Yöntemi, Puan Tahsis Yöntemi, Davranışsal Değerlendirme Yöntemi, Kritik Olay Yöntemi, Tanımlayıcı Metin Tipi Değerlemeler, 360 Derece Değerlendirme

Tablo 4. Hiyerarşik yapı

Y Departmanı Performans Değerlendirmesi	Çok yönlü değerlendirme	Grafik Ölçüm Yöntemi
		Zorunlu Seçim Yöntemi
	Nesnel yaklaşım	Kıyaslama Yöntemi
		Puanlama Yöntemi
		Derecelendirme Yöntemi
	Yalın içerik	Kontrol Listesi Yöntemi
		Puan Tahsis Yöntemi
		Davranışsal Değerlendirme Yöntemi
	Modülerlik	Kritik Olay Yöntemi
		Tanımlayıcı Metin Tipi Değerlemeler
		360 Derece Değerlendirme
	Amaç	Ölçütler

Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra, Saaty'nin 1-9 ölçeği kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve Expert Choice sistemine aktarılmıştır. Matris yapısının hazırlanmasında; simetrik eleman, ağırlığın çarpmaya göre tersi olarak alınır.

Örneğin; a_{ij} , i özellik ile j özelliğin ikili karşılaştırma değerini verecek olursa genel olarak ikili karşılaştırma matrisi;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

şeklinde yazılır. Bu karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlu bir kare matristir. Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler, yani $i = j$ olduğunda, 1 değerini alır. Çünkü bu durumda ilgili faktör kendisi ile karşılaştırılmaktadır. Faktörlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılır. Örneğin birinci faktör üçüncü faktöre göre karşılaştırmayı yapan tarafından daha önemli görünüyorsa, bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni ($i=1, j=3$), 3 değerini alır. Aksi durumda yani birinci faktörün üçüncü faktörle karşılaştırılmasında, daha önemli tercihi üçüncü faktörden yana kullanılacaksa bu durumda karşılaştırma matrisinin

birinci satır üçüncü sütun bileşeni 1/3 değerini alır. Aynı karşılaştırmada birinci faktörle üçüncü faktörün karşılaştırılmasında faktörler eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih kullanılıyorsa bu durumda bileşen 1 değerini alır. Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegenin altında kalan bileşenler için ise doğal olarak aşağıdaki formülü kullanmak yeterlidir.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$$

İkili karşılaştırmalarda, Saaty tarafından önerilen ve 1-9 aralığında değerlerin yer aldığı tablo, önem derecesi tablosu (skalası) olarak adlandırılır.

Tablo 5.Önem Derecesi Tablosu

Önem Derecesi	Tanımlaması
1	Eşit Önem
3	Biri Diğereine Göre Orta Derecede Daha Önemli
5	Kuvvetli Düzeyde Önem
7	Çok Kuvvetli Düzeyde Önem
9	Aşırı Düzeyde Önem
2,4,6,8	Uzlaşma Gerektiğinde Kullanılan Önem Dereceleri

Kaynak: Saaty, 1977: 234-281.

İkili karşılaştırma matrisinin özellikleri özetle şöyledir:

- 1.Tüm elemanlar pozitif sayıdır ve kare matristir.
 - 2.Matris tam tutarlı ise $a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}$ eşitliği sağlanır.
 - 3.Matris tam tutarlıysa herhangi bir satırdan matrisin diğer tüm faktörleri elde edilebilir.
 - 4.n sayısının ikili kombinasyonu kadar açılım yapılır.
 - 5.AHP matrisinde ağırlık veya görelî önem vektörü olarak tanımlanan özvektör, matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelir.
 - 6.A matrisinin köşegenleri 1'e eşittir.
- Yapılan ikili karşılaştırma matrisleri içinden örnek olarak Y departmanının performans değerlendirme amacı için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Performans değerlendirme amacı için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi

Y departmanının performans değerlendirme	Çok yönlü değerlendirme	Nesnel Yaklaşım	Yalın içerik	Modül erlik
Çok yönlü değerlendirme	1	1/7	1/5	1/3
Nesnel Yaklaşım	7	1	5	3
Yalın içerik	5	1/5	1	2
Modülerlik	3	1/3	½	1

İkili karşılaştırmalar sonucu elde edilen matrislerin tutarlılığının kontrolü de yapılmıştır. Alternatif ve ölçüt

sayısına göre kabul edilebilir tutarsızlık oranı %10 alınmış ve tablo 7'deki oranlar hesaplanmıştır ve tablodan da görülebileceği gibi, tüm oranlar kabul edilebilir seviye içindedir ve yargılarımız doğrudur.

Tablo 7. Tutarlılık oranları

Çok yönlü değerlendirme	0,08
Nesnel yaklaşım	0,04
Yalın içerik	0,09
Modülerlik	0,05
Ölçütler matrisi	0,02

Sonrasında bütünlük görelî önem vektörleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama ile en yüksek bütünlük öneme sahip yöntem, derecelendirme yöntemi olarak bulunmuştur. Özetle; Y departmanının performans değerlendirmesinde kullanılacak derecelendirme yöntemi ve bu yöntem içinde yer alan kriterler tamamen nesnel yaklaşımların kullanılması ile seçilmiştir.

Performans yönetiminde kullanılan derecelendirme formu Tablo 8'de görüldüğü üzere aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 8. Performans değerlendirme formu

Performans Değerlendirme Formu					
Çalışana ait bilgiler:					
Adı Soyadı					
Sicil No					
Departman					
Unvan					
Öğrenmede Büyüme Puanı:					
	Toplam Puan		%		
Kişisel Özellikler					
Organizasyon Yönetimi					
Mesleki Bilgi					
Performans değerlendirme kriterleri	Seviye	Mükemmel (4)	Yetenekli (3)	Uygun (2)	Sınırlı (1)
Kişisel Özellikler					
Sonuç odaklılık					
Araştırmacılık ve inovasyona açıklık					
Dürüstlük					
Sabır					
Sorumluluk					
Şeffaflık					
İkna kabiliyeti					
Organizasyon Yönetimi					
Zaman yönetimi					
Güçlü iletişim					
Bilgi paylaşımı					
Ekip uyumu					
Liderlik kabiliyeti					
Çalıştığı departman hedefleriyle senkronize					
Risk yönetim kabiliyeti					
Mesleki Bilgi					
Yapılan işe hâkim olunması					
Verilen işin zamanında tamamlanması					

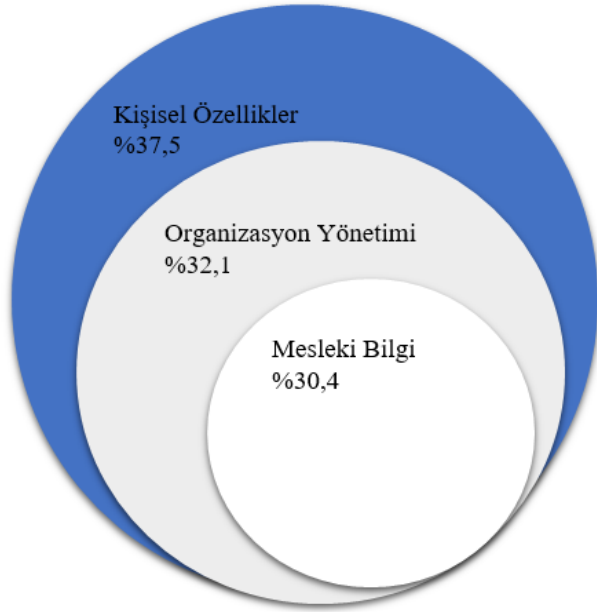
İş geliştirme kabiliyeti				
Maliyeti düşürme çalışmaları				
Kişisel gelişim çabası				
Etik kurallara uyum				
İş normlarına uyum				

Bu formun kullanılmasıyla, elde edilen sonuçlar örnek olarak Tablo 9 ve 10'da sunulmaktadır.

Tablo 9. Örnek bir performans değerlendirme formu

Performansı Değerlendirme Formu					
Çalışana ait bilgiler:					
Adı Soyadı	A				
Sicil No	123				
Departman	ABC				
Unvan	XX				
Öğrenmede Büyüme Puanı:					
	Toplam Puan	%			
Kişisel Özellikler	21	37,5			
Organizasyon Yönetimi	18	32,1			
Mesleki Bilgi	17	30,4			
Performans değerlendirme kriterleri	Seviye	Mükemmel (4)	Yetenekli (3)	Uygun (2)	Sınırlı (1)
Kişisel Özellikler					
Sonuç odaklılık		4			
Araştırmacılık ve inovasyona açıklık		4			
Dürüstlük			3		
Sabır					1
Sorumluluk				2	
Şeffaflık			3		
İkna kabiliyeti		4			
Organizasyon Yönetimi					
Zaman yönetimi				2	
Güçlü iletişim		4			
Bilgi paylaşımı			3		
Ekip uyumu			3		
Liderlik kabiliyeti				2	
Çalıştığı departman hedefleriyle senkronize				2	
Risk yönetim kabiliyeti				2	
Mesleki Bilgi					
Yapılan işe hâkim olunması			3		
Verilen işin zamanında tamamlanması			3		
İş geliştirme kabiliyeti				2	
Maliyeti düşürme çalışmaları				2	
Kişisel gelişim çabası				2	
Etik kurallara uyum				2	
İş normlarına uyum			3		

Tablo 10. A çalışanına ait öğrenmede büyüme grafiği



Bu sonuçlara göre A çalışanı kişisel özellikler açısından oldukça kuvvetli, organizasyon yönetiminde mikro boyutta eksiklikleri olan ancak mesleki yeterlilik açısından bu diğer iki başlığa göre gelişime açık daha fazla yönü bulunan bir personeldir. Dolayısıyla böyle bir çalışanın mesleki eğitimlerin alınması ile gelişimi planlanabilir. Ayrıca mesleki bilgi ana grubuna ait performans kriterlerinin her birisi ayrı ayrı ele alınarak kendisiyle ikili görüşme yapılabilir. Kullanılan yöntem ve kriterlerin nesnel olması A çalışanın çıkan sonuçlara güven duymasını sağlamıştır. Dolayısıyla teknik boyutta gelişime açık yönlerle ilişkin, insan kaynakları yöneticisi ile çözüm önerilerinin belirlenmesi de kolaylaşmaktadır.

8. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ülkeler arası sınırların kalktığı günümüzde, insan kaynaklarının klasik yönetim anlayışını geride bırakarak modern bir hâl aldığı kaçınılmazdır. İnsan kaynağını, strateji haritasındaki her maddenin gerçekleştirilmesine katkı sağlayacak bir anahtar olarak nitelendiren bu modern yönetim yaklaşımı, kurum kültürünün yansıtılması, kurum coğrafyasının etkilenmesi ve örgütsel iklimin homojen olması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu modern yaklaşımdaki en önemli konulardan birisi ise, organizasyonların performans yönetimi verimliliğinin sürekliliğidir.

References

Barnes, Jeff M. - Coulton, Lane - Dickinson, T. - Dransfield, S. - Field, J. - Fisher, N. - Saunders, I. - Shaw, D. (1998), A New Approach to Performance Measurement For Small and Medium Enterprises. Cambridge, Proceedings of the Performance Measurement - Theory and Practice Conference, Cambridge, 14-17 July. U.K.

Nesnel yaklaşım mantığı ile altyapısı hazırlanan uygulama çalışması sonuçları, uygulama kapsamına alınan her bir çalışanın kariyer haritaları için de veri oluşturmaktadır. Her bir parçası çalışanların fikir birliği ile oluşturulan ve bilimsel yaklaşım içeriğiyle öznelliğe yer vermeyen bu performans yönetim modeli, süreklilik sağlaması açısından bulunduğu dönem şartlarına göre esneklik de içermektedir. Değerlendirmenin yapıldığı dönem içinde; eğer, bazı teknik kalifikasyonların da olması gerekirse, yönetici bu kriterleri de performans havuzuna ekleyebilmektedir.

Bu dinamik performans yönetim modeli ile elde edilen öğrenmede büyüme grafikleri, aynı zamanda çalışanın hangi alanlarda daha fazla efor sarfederek gelişimini artırması gerektiğine de ışık tutmaktadır. Çalışanların ortak görüşlerinin paydası olarak da nitelendirilebilen bu yönetim modeli, bir arayüz ile kurumsal kaynak planlama yapısına sahip firmalara da rahatlıkla entegre edilebilir. Böylece kullanılan bilgi işlem sistemi ile bütünlük bir program niteliğinde de kullanılabilir.

Dinamik performans yönetim modeli ile çalışanların veriminde artış sağlanması da beklenen değerler arasındadır. Çünkü ana grup isimlerinin öğrenmede büyüme puanlarını baz alarak, personel çalışma takvimini güncelleme şansına sahip olacaktır.

Bu çalışmada, kullanılan yöntem personelin fikir birliği ile nesnel bir şekilde seçilmiştir. Daha öncesinde de belirtildiği üzere; bu makalenin orjinallliğini oluşturan unsur, çalışanların fikirleri bazında yola çıkılarak yöntem ve ölçütler belirlenmiş, nesnel yaklaşım sınırlarında uygulama gerçekleştirilmiştir. “Öğrenmede büyüme” kavramı ile de kariyer haritalarına ışık tutulmuştur. Gelecek çalışmalar için, her bir performans değerlendirme yöntemi ayrı ayrı ele alınarak, aynı ana grup isimleri ve performans havuzu verilerinin kullanımıyla literatüre farklı bir yaklaşım kazandırılabilir. Ayrıca; bu çalışmada, sadece organizasyonel performans dikkate alınarak uygulama gerçekleştirilmiştir. Teknik ölçütlerle ilgili performans değerlendirmeleri de gelecek çalışmalara önerilebilir.

Tüm sektörlerin her daim dinamik olması gereken yapısı dolayısıyla, çok parametrelili karmaşık bir algoritma geliştirmek de mümkündür.

- Bitici, Umit - Carrie, Allan - Mcdevitt Liam (1997), “Integrated Performance Measurement Systems: A Development Guide”, International Journal of Operations and Production Management, 17(5), 522-534.
- Bowlby, Raynna (2012), “Living the Future: Organizational Performance Assessment”, Journal of Library Administration, 52, 626-652.
- Costello, Sheila J. (1994), Effective Performance Management. McGraw Hill, New York.

- Cornelius, Nelarine (2001), *Human Resource Management* (2nd Ed.). Thomson Learning Yayınları, New York.
- Cross, Kelvin F. - Lynch, Richard L. (1991), *Measure Up- The Essential Guide to Mesuring Business Performance*. Londra, Mandarin.
- Dadzie, Charlene A. - Winston, Evelyn. M. - Dadzie, Kofi Q. (2012), "Organizational Culture, Competitive Strategy, and Performance in Ghana Charlene", *Journal of African Business*, 13(3), 172-182.
- Fashami, Vajihah A. - Moghadam, Mohammad M. (2013), "Studying the Relation Between Organizational Mission as an Encouraging Factor and Performance Improvement of Human Resources", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(4), 608-612.
- Felek, Sevi - Yuluğkural, Yıldız - Aladağ, Zerrin (2007), "Mobil İletişim Sektöründe Pazar Paylaşımının Tahmininde AHP ve ANP Yöntemlerinin Kıyaslaması", *Makine Mühendisleri Odası Endüstri Mühendisleri Dergisi*, 18(1), 6-22.
- Franco-Santos, Rita M. (2007), "Towards A Definition of A Business Performance Measurement System", *International Journal of Operations and Production Management*, 27(8), 784-801.
- Garengo, Patrizia - Biazzo, S., ve Bititci, Umit S. (2005), "Performans Measurement Systems in SMEs: A Review for a Research Agenda", *International Journal of Management Reviews*, 7(1), 25-47.
- Ghalayini, Alaa M. - Noble, James S. (1997), "The Changing Basis of Performance Measurement", *International Journal of Operations and Production Management*, 16(8), 63-80.
- Gyula, Laszlo F. (2013), "Analysis of the impact of the supply chain performance on the overall Organizational performance", *Annals of the university of Oradea, Economic Science*, 1, 1505-1510.
- İnsan Kaynakları ve Yönetim Dergisi (1999), *Birinci Performans Değerleme Yönetimi Zirvesi 17-18 Kasım 1998*, İstanbul.
- Kaplan, Robert S. -Norton, David P. (1992), *The Balanced Scorecard*, Harvard Business Review (1), Boston.
- Kaplan, Robert S. -Norton, David P. (1992), *The Balanced Scorecard-Measures That Drive Performance*, Harvard Business Review, Boston.
- Kaplan, Robert S. -Norton, David P. (1996), *Translating the Strategy into Action - The Balanced Scorecard*, Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Liu, Yu D. (2009), *Implementing and Evaluating Performance Measurement Initiative in Public Leisure Facilities: An Action Research Project*, *System Pract. Action Res.*, 22, 15-30.
- Liviu, Christian (2013), "Organizational Culture and Strategy. How does it work? An Empirical Research", *Annals of the University of Oradea: Economic Science*, 1(1), 1690-1697.
- Mckenna, Eugene - Beech, Nic (2002), *Human Resources Management: A Concise Analysis*, Pearson Education Limited (174), Great Britain.
- Mosconi, Elaine - Roy, Marie C. (2013), "Linking Knowledge Management and Organizational Performance", *International Business Research*, 6(9), 68-76.
- Neely, Andy - Gregory, Mike - Platts, Ken (1995), "Performance Measurement System Design: A Literature Review and Research Agenda", *International Journal of Operations and Production Management*, 15(4), 80-116.
- Neely, Andy - Mills, John - Platts, Ken - Richards, Huw - Gregory, Mike - Bourne, Mike - Kennerley, Mike (2000), "Performance Measurement System Desing: Developing and Testing a Process-based Approach", *International Journal of Operations and Production Management*, 20(10), 692-704.
- Noruzi, Ali - Dalfard, Vahid M. - Azhdari Behnaz- Nazari, Salman (2013), "Relations between transformational leadership, organizational learning, knowledge management, organizational innovation, and organizational performance: an empirical investigation of manufacturing firms", *Int. J. Adv Manufacturing Technology*, 64, 1073-1085.
- Ozkesper, Banu (2014), *Bütünleşik Akıllı Proje Performans Değerleme Modülü Tasarımı ve Uygulaması*, Doktora tezi, Adana.
- Palmer, Margaret J. (1993), *Performans Değerlendirmeleri*, Rota Yayınları, İstanbul.
- Saaty, Thomas L. (1977), "A scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234-281.
- Saaty, Thomas L. (2005), *Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*, RWS Publications, Pittsburgh: PA.
- Sarhan, Saad - Fox, Andrew (2013), "Performance Measurement in the UK Construction Industry and its Role in Supporting the Application of Lean Construction Concepts", *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 13(1), 23-35.
- Taylor, Frederick W. (1996), *The principles of scientific management* in J.M. Shafritz & J.S. Ott (Eds.), *Classics of organization theory*, 66-79. Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA.
- The Training Resources and Data Exchange (TRADE) Performance-Based Management Special Interest Group (PBM SIG) (1995), *How to Measure Performance: A Handbook of Techniques and Tools*, Oak Ridge Assc. Universities, U.S.A.

