

# JOURNAL OF RESEARCH IN BUSINESS

VOLUME • CİLT: 3 / ISSUE • SAYI: 2 / DECEMBER • ARALIK 2018

ONLINE ISSN: 2630-6255

PUBLISHED IN ENGLISH, GERMAN & TURKISH



MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

**Journal of Research in Business:** Cilt • Volume 3 / Sayı • Issue 2 / Aralık • December 2018  
6 Aylık Hakemli Akademik Dergi /Biannual Peer-Reviewed Academic Journal  
Online ISSN: 2630-6255

**Marmara Üniversitesi Rektörlüğü Adına İmtiyaz Sahibi • Owner**

Prof. Dr. Erol ÖZVAR (Rektör • Rector)

**Derginin Sahibi • Owner of the Journal**

M. Ü. İşletme Fakültesi Adına, On behalf of Marmara University Faculty of Business Administration  
Prof. Dr. Nuran CÖMERT (Dekan • Dean)

**Yayın Kurulu • Editorial Board**

**Editörler • Editors**

Prof. Dr. Emine ÇOBANOĞLU, Baş Editör • Editor in Chief

Dr. Öğr. Üyesi Emrah KELEŞ, Editör • Editor

Araş. Gör. Ömer Faruk TAN, Editör Yrd. • Asst. Editor

Araş. Gör. Onur ERİŞEN, Editör Yrd. • Asst. Editor

Araş. Gör. Gül YÜKSEL, Editör Yrd. • Asst. Editor

**Üyeler • Board Members**

Prof. Dr. Nuran CÖMERT

Prof. Dr. Haluk SUMER

Prof. Dr. Hakan YILDIRIM

Prof. Dr. Dilek ZAMANTILI NAYIR

Prof. Dr. Serra YURTKORU

Prof. Dr. Mert ERER

Doç. Dr. Volkan TÜRKER

**Danışma Kurulu • Advisory Board**

Prof. Dr. Jur. Bert EICHHORN (SRH Hochschule Berlin)

Dr. Birsen KARPAK, Distinguished Professor of Management (Youngstown State University)

Prof. Dr. F. Gülruh GÜRBÜZ (Marmara Üniversitesi)

Prof. Dr. Helmut PERNSTEINER (Johannes Kepler Universität Linz)

Dr. Jean Pierre GARITTE, Executive Professor (Antwerp Management School)

Prof. Dr. M. Emin ARAT (Ayvansaray Üniversitesi)

Dr. Graham GAL, Associate Professor Accounting (University of Massachusetts)

Dr. Ufuk MISIRLIOĞLU (University of the West of England)

**Hakem Kurulu • Editorial Review Board**

Prof. Dr. Aşlı YÜKSEL MERMÖD (Webster University Geneva, İsviçre) Prof. Dr. Y. Ömer ERZURUMLU (Bahçeşehir Üniversitesi, Türkiye)

Prof. Dr. Aslıhan NASIR (Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye) Doç. Dr. Aysa İpek ERDOĞAN (Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye)

Prof. Dr. Burç ÜLENGİN (İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye) Doç. Dr. Ceylan ONAY (Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye)

Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN (İstanbul Teknik Üniversitesi) Doç. Dr. Davut PEHLİVANLI (İstanbul Üniversitesi)

Prof. Dr. Hasan TÜREDİ (İstanbul Ticaret Üniversitesi) Doç. Dr. Ender DEMİR (Medeniyet Üniversitesi, Türkiye)

Prof. Dr. Helmut PERNSTEINER (Johannes Kepler Universität Linz) Doç. Dr. Gözde ÜNAL (Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye)

Prof. Dr. İqbal Thonse HAWALDAR (University of Kingdom, Bahreyn) Doç. Dr. Mustafa OKUR (Marmara Üniversitesi)

Prof. Dr. İrem NUHOĞLU (Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye) Doç. Dr. Semen SON TURAN (MEF Üniversitesi, Türkiye)

Prof. Dr. Muzaffer BODUR (Türkiye) Doç. Dr. Serhat YÜKSEL (İstanbul Medipol Üniversitesi)

Prof. Dr. Ülkü YÜKSEL (University of Sydney, Avustralya) Dr. Asma SELMAN (American University in the Emirates, BAE)

Dr. Öğr. Üyesi Ali COŞKUN (Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye) Dr. Bahadır Fatih YILDIRIM (İstanbul Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi A. Başak TANYERİ (Bilkent Üniversitesi, Türkiye) Dr. Mustafa Tevfik KARTAL (Borsa İstanbul)

Dr. Öğr. Üyesi Murat OCAK (Trakya Üniversitesi)

### **İletişim Bilgileri • Contact Details**

**T. C. Marmara Üniversitesi İşletme Fakültesi**

**Göztepe Yerleşkesi**

**Adres • Address:** Eğitim Mh. Fahrettin Kerim Gökay

Cd. Göztepe Yerleşkesi Göztepe Kadıköy/ İstanbul

**Tel • Phone:** +90 216 449 50 45

**Faks • Fax:** +90 216 405 29 21

**Marmara Üniversitesi Yayınevi • Marmara University Press**

**Adres • Address:** Göztepe Kampüsü 34722 Kadıköy, İstanbul

**Tel/Faks • Phone/Fax:** +90 216 348 43 79

**E-Posta • E-Mail:** yayinevi@marmara.edu.tr

**İşletme Araştırmaları Dergisi**, Haziran ve Aralık olmak üzere yılda iki kez çevrimiçi ve basılı olarak yayınlanan akademik ve hakemli bir dergidir. Derginin temel amacı, işletme alanında niceliksel ya da niteliksel özgün ve yeni bilimsel çalışmalar yayınlayarak literatüre katkı sağlamaktır. Derginin amacı araştırmacılara, akademisyenlere, profesyonellere, uygulayıcılara ve öğrencilere yüksek kalitede ampirik ve teorik araştırma yayınları, vaka çalışmaları ve literatür değerlendirmeleri şeklinde bilgi paylaşabilecekleri bir ortam sağlamaktır. İngilizce, Almanca ve Türkçe makaleler kabul edilmektedir. Dergi, ULRICH Global Serials Directory tarafından taranmaktadır.

**Journal of Research in Business** is an international peer-reviewed and open-access academic journal which is issued by the Faculty of Business and Administration, Marmara University. The journal is published semiannually (June and December) in both online and print version. The aim of the journal is to provide a platform for the researchers, academicians, professionals, practitioners and students to impart and share knowledge in the form of high quality empirical and theoretical research papers, case studies and literature reviews. Papers in English, German and Turkish are accepted. The journal is indexed by ULRICH Global Serials Directory.

**Journal of Research in Business** ist ein internationales, von Experten begutachtetes und frei zugängliches akademisches Journal, das von der Universität Marmara - Fakultät für Betriebswissenschaften herausgegeben wird und erscheint zwei mal pro Jahr (Juni und Dezember) in Online- und Print-Versionen. Ziel des Journals ist es, den Forschern, Akademikern, Fachleuten, Praktikern und Studenten eine Plattform zu bieten, um das Wissen in Form von hochwertigen empirischen und theoretischen Forschungsarbeiten, Fallstudien und Literaturkritiken zu vermitteln und zu teilen. Beiträge in Englisch, Deutsch und Türkisch werden akzeptiert. Das Journal wird in „ULRICH Global Serials Dictionary“ indiziert.

# Sunuş

---

Değerli Okuyucu,

Marmara Üniversitesi İşletme Fakültesi tarafından yayınlanmakta olan Journal of Research in Business (JRB) adlı dergimizin yeni sayısını sunmaktan mutluluk duyuyoruz. 2018 Haziran sayısı itibari ile Marmara Business Review'un misyonunu devralarak uluslararası hakemli bir dergi olarak yayın hayatına devam eden JRB nitelikli akademik çalışmaları okurlarımıza ulaştırmak olan temel amacımızdan ödün vermemekte ve editör kurulunun onayını alıp değerlendirme süreçlerini başarıyla tamamlayan çalışmaları yayınlamaktadır. JRB'de yayınlanan makaleler erişime açıktır. JRB, altı ayda bir yayınlanan bir dergi olup, bu yılın ikinci sayısında üç makale yayınlanmaktadır.

Saygılarımla,

Editör

## Preface

---

Dear Readers,

We have the pleasure of presenting to you the new issue of our journal “Journal of Research in Business (JRB)”, published by the Faculty of Business Administration at Marmara University. JRB that has taken over the mission of Marmara Business Review and published as an international academic journal by June 2018 will continue its mission to bring qualified academic research into the business literature, and publish only the manuscripts which is verified by editorial boards and have passed review procedure successfully. The articles published in JRB are freely available to read online. JRB as a semiannual journal publishes three papers in second issue this year.

Best Regards,

Editor

# Vorwort

---

Sehr geehrte Leserin und sehr geehrter Leser,

Wir freuen uns, Ihnen die aktuellste Ausgabe unserer Zeitschrift „Journal of Research in Business (JRB)“ vorstellen zu dürfen. Seit Juni 2018 hat die JRB die bewährte Mission von „Marmara Business Report“ abgelöst und erscheint nun als International begutachtete Zeitschrift und veröffentlicht nur die Artikel, die sich vor dem Komitee der Editoren als qualitative akademische Arbeit bewährt haben.

Der Zugriff auf die von JRB veröffentlichten Volltexte ist für die JRB-Leser jederzeit möglich. Als halbjährlich erscheinende Zeitschrift hat die JRB dieses Jahr in Ihrer zweiten Ausgabe drei wertvolle Artikel veröffentlicht.

Mit besten Grüßen,

Editor

## İçindekiler / Contents

---

The Impact of Psychological Biases on Foreign Direct Investment (Fdi): The Case of Turkish Investors in Ethiopia Psikolojik Yanılguların Doğrudan Yabancı Yatırımlar Üzerindeki Etkisi: Etiyopya'daki Türk Yatırımcılar <b>Abdu Seid ALI, Jale SÖZER ORAN</b> ..... 115-132
Does Mandatory Integrated Reporting Affect Stock Prices? An Empirical Study on The Johannesburg Stock Exchange Zorunlu Entegre Raporlama Hisse Senedi Fiyatlarını Etkiler mi? Johannesburg Borsası Üzerine Ampirik Bir Çalışma <b>A.R. Zafer SAYAR, Metin Can TOPDEMİR</b> ..... 133-149
A Study on the Comparison Between Fuzzy Control Charts and Traditional Control Charts Fazi Kontrol Grafikleri İle Klasik Kontrol Grafiklerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Deneme <b>Hakan YILDIRIM, Hakan AYDOĞAN, Sami ÖZCAN, Serkan ETİ</b> ..... 150-173







# THE IMPACT OF PSYCHOLOGICAL BIASES ON FOREIGN DIRECT INVESTMENT (FDI): THE CASE OF TURKISH INVESTORS IN ETHIOPIA

## PSİKOLOJİK YANILGILARIN DOĞRUDAN YABANCI YATIRIMLAR ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: ETİYOPYA'DAKİ TÜRK YATIRIMCILAR

Abdu Seid ALI\*  
Jale SÖZER ORAN\*\*

### Abstract

This paper aims to assess whether there is a behavioral bias of Turkish FDI investors in Ethiopia. Besides, it addresses the influence of firm size, investment duration, target customers and amount of investment on the behavioral variables. In order to do so, a survey was conducted on a sample of Turkish FDI investors in Ethiopia which tries to examine their cognitive psychological factors towards their investment decisions. The survey result was analyzed using factor analysis. The statistical findings confirm that some psychological anomalies such as representativeness, herding, regret aversion and mental accounting have been observed on Turkish FDI investors. The regression analysis shows that amount of investment of the firms significantly and positively affects herding, representativeness, regret aversion and mental accounting behaviors. Furthermore, duration of investment in Ethiopia affects their representativeness and mental accounting behavioral biases of investors positively.

**Keywords:** FDI, Behavioral bias, Turkish investors, Ethiopia, Factor analysis

**JEL Classification:** G40, F21

### Özet

Bu çalışma Etiyopya'da doğrudan yatırım yapan Türk yatırımcıların davranışsal yanılıklarının olup olmadığını araştırmak amacıyla yapılmıştır. Bunun yansıra, şirket büyüklüğü, yatırım süresi, hedef müşteriler ve yatırım tutarının davranışla ilgili değişkenler üzerindeki etkisini de bulmayı hedeflemektedir. Türk yatırımcıların yatırım kararlarında etkili olan bilişsel psikolojik faktörlerin belirlenebilmesi amacıyla bir anket yapılmış ve bulgular faktör analizi ile incelenmiştir. Araştırma sonuçları Türk yatırımcılarının temsililik, sürü davranışı,

\* Senior lecturer, Wolaita Sodo University (Ethiopia), Faculty of Business and Economics, Department of Accounting and Finance, abduseid81@gmail.com, 0000-0001-5783-3546

\*\* Professor of Finance, Marmara University, Faculty of Business Administration, Department of Business Administration (English), jaleoran@marmara.edu.tr, 0000-0001-8976-2893

pişmanlıktan kaçma ve zihinsel muhasebeyle ilgili hatalarını ortaya koymuştur. Regresyon analizi şirketlerin yatırım tutarlarının bu davranış hatalarını istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilediğini göstermiştir. Yatırımın süresi de temsillik ve zihinsel muhasebe hatalarını pozitif yönde etkilemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğrudan yabancı yatırım, Davranışsal yanlılgılar, Türk yatırımcılar, Faktör analizi

**JEL Sınıflandırma:** G40, F21

## I. Introduction

Contrary to the traditional finance that is based on neoclassical economics which asserts on rational preferences of individuals, utility maximization of people, profit maximization of firms as well as independent decisions based on all relevant information, another body of proof has emerged challenging the above facts and argues the markets are inefficient and investors might not be rational every time (Ackert & Deaves, 2010). Behavioral finance is a comparatively new but rapidly intensifying subject that deals with associating behavioral and cognitive psychological theory with conventional economics and finance to produce clarifications for why people make irrational financial and economic decisions (Baker & Nofsinger, 2010). Besides, Shiller (2003) emphasized that behavioral finance turns into vigorous area of research that comprises numerous market inconsistencies which were overlooked by the theory of market efficiency. After criticizing Fama's (1998) study, Shiller inferred that the new economic model should integrate behavioral finance in order to comprehend the market well.

Hence, cognitive psychology and the limits to arbitrage are the two major constituents of behavioral finance. Cognition deals with the way people think, understand, and learn a certain situation. In behavioral finance, cognitive psychology focused on numerous biases that come into being when people develop beliefs, and on people's choices, or on how they make decisions, based on their beliefs (Shleifer & Summers, 1990); (Barberis & Thaler, 2003). Psychologists believe that the human mind is restricted in its capability to concentrate and deal with all the information they receive. Likewise, they emphasize that the ultimate form of our decisions made is over and over exceedingly biased by the indicators obtained by our subconscious. Consequently, investors' financial decision making can be influenced by their cognitive and heuristics biases. In addition, Statman (2008) argued that investors' cultural background greatly affects their emotional and psychological approach which guides their investing decisions.

Unlike the traditional finance which contends collective action of traders, causes mispricing opportunities in the market to cease, limits of arbitrage being the other element of behavioral finance indicates that when mispricing arises, strategies intended to correct it can be both risky and costly, in that way it permits the mispricing to persist. There are three main possible problems faced by arbitragers when there is an absence of a fairly priced close substitute for the mispriced asset. Arbitragers encountered fundamental risk due to variations in the arrival of unexpected information that makes them incapable to successfully hedge their position. They might also be confronted by noise trader risk in which trading by unaware investors can drive the mispricing to surge before

it adjusts. Finally, implementation costs like commissions, spreads, and market impact costs spent makes the arbitrage impossible (Ackert & Deaves, 2010; Barberis and Thaler, 2003).

Despite the fact that most of the studies on behavioral finance focused on equity markets, some studies, though, few highlighted the influence of cognitive psychological biases on foreign direct investment in different countries. Economic situations, government policies, human and technological advantages, favorable environments and others are mentioned as motivation factors of FDI to host countries. Behavioral anomalies of individual or institutional foreign investors have been given little attention in long-term decision making process of the cross boarder capital movement. Even though there are not considerable studies on FDI vis-à-vis behavioral elements, Hosseini (2005) contends that elements of behavioral economics should be considered as part and parcel of FDI since FDI is one of the significant discipline in economics. Behavioral economics, that rejects naïve economic model of rational agents merely trying to maximize their utility, is undoubtedly capable of clarifying the decision of transnational companies making investment decisions when they experience the multifaceted and indefinite global atmosphere.

According to Eiteman et.al (2013) Swedish School of Economists, which is considered among the pioneers in the behavioral approach of FDI, fruitfully expounded not only firms' preliminary decision to invest overseas but also subsequent decisions to plough their resources somewhere else again and to alter the overall arrangement of a firm's worldwide involvement over time. The analysis of a sample of Swedish multinational companies illustrates that they preferred to invest in countries which are not that much remote in cognitive terms. Neighboring countries like Finland, Denmark, Norway, Germany, and the United Kingdom were among the most favored investment destinations for Swedish investors due to somehow identical cultural, legal, and institutional setting.

Ethiopia's recent enormous achievement in creating a center of attention in FDI in terms of joining the top five FDI flows to landlocked developing countries for the first time creates some sort of curiosity about what attracts those foreign direct investors to Ethiopia. The amount of FDI flow to Ethiopia dramatically surged following the year 2012. There are several potential factors which make Ethiopia a preferred investment destination from both developed and developing countries like the general political, trade and investment agreements with the main investor countries in addition to impressive economic growth, relative political stability, cheap unskilled labor, market attractions, investment guarantee, tax exemptions and other incentives (Getinet & Hirut (2006); Atlaw, et.al, 2014; Amanuel (2015)).

Though the above studies emphasized the economic and political factors as the major determinants for the impressive progress of FDI in the country, it is customary to check whether behavioral factors of investors affect their FDI decision making. Therefore, this study will try to examine the behavioral biases of FDI decisions of Turkish investors in Ethiopia. Turkish investors were chosen due to their engagement in an enormous FDI flow to the country recently and the convenience of collecting primary data. Moreover, as Statman (2008) mentioned above, the cultural background of investors affects their investment and business choices. Therefore, the study didn't include investors from

other countries since it might affect the result. The study will contribute a lot for decision makers and academics to focus on behavioral factors since the economic motives merely do not explain fully why foreign direct investors are attracted to a certain country to invest.

The remaining part of the paper outlined as follows. In the next section, empirical studies related to behavioral elements of FDI were addressed individually and in group. Then, selected cognitive biases relevant for the study were discussed. After that, data, methodology and findings of the study were presented. Finally, conclusions, recommendations and policy implications along with areas for further study were put forward.

## **2. Literature review**

A number of studies have been conducted regarding the influence of behavioral anomalies on the decision making of investors in financial markets all over the world in different time spans. However, little has been covered regarding the impact of behavioral biases on the green field investments abroad. Therefore, the following part of the paper reviewed important studies made in this regard. The first few studies point out a group of behavioral factors followed by studies which focused on specific cognitive elements.

Rosenboima et.al (2008) studied experimentally the impact of behavioral biases on investors' decisions surveying MBA students with prior management and accounting experiences to evaluate tax relief and grants in FDI. They found that a rise in the risk of the anticipated cash flow broadens the nominal grant necessitated by investors with the aim of abandoning tax relief, an outcome that refutes the expected utility theory. This finding can be clarified by the 'Regret Effect' that was discussed above. Moreover, they documented investors request reimbursement for shifting tax relief into a grant. Similarly, this finding is against the expected utility theory, since the grant is assured and is assumed to progress the investors' satisfaction when a tax advantage is substituted with a grant. This outcome can be described as the 'Status Quo Bias' which asserts that people incline to stay in current circumstances to delay better options. Finally, they documented that decision makers in firms are affected by the manner the motivations are presented. At times comparable incentive choices are offered in a slightly distinct fashion, and this might result in different decisions.

Content analysis was employed from interviews conducted with Portuguese managers with investments abroad by Alves (2008) and documented that herding, anchoring, overconfidence, mental accounting and other behavior irregularities in companies' location decisions that instigate a set of factors of FDI movements and complement the neoclassical paradigm. Furthermore, the study supports the Heiner model (1983, 1985, 1989) by elucidating whenever decision makers confronted to greater uncertainty, there is a likelihood of applying behavioral guidelines. The reason why a great amount of FDI take place more recurrently within developed countries is due to the fundamental role of uncertainty in the decision making process.

Araujo (2009) used a database of Swedish manufacturing investments in the world from 1970 to 1998 and contends that under uncertainty, investors are biased by the location decisions made by other investors and have a tendency to pick out similar targets to locate their investments thereby confirming herding behavior. In addition, the study documented that previous location decisions affects succeeding decisions positively, even after controlling for other elements like industry particular agglomeration externalities. In the same way, the findings of Kuo and Fang (2009) support that FDI investors location decision is not rational rather it is influenced by the investors mental and behavioral phenomena as well as the familiarity and experience while they are making decisions to select their destination.

A conference paper by Levis et.al (2010) investigated herding in foreign direct investment outflows with data on FDI outflows from the OECD member countries. It verified herding related to world leaders, regional leaders, portfolio equity investors and regional investments and discovered the existence of herding behavior in these FDI outflows. Specifically, Companies have a tendency to track the investment pattern of the world and regional investment leaders. In addition, FDI investors pick out an investment site with an enormous portfolio equity investment activity after two years.

A large panel dataset of the FDI inflows and outflows of 30 OECD member countries were used in a doctoral dissertation of Vasileva (2011) to assess whether there is home country bias and herding behavior. The study confirmed that there is an inclusive “home country bias” that is proved through the choice for direct investments in countries with superior physical, institutional and cultural juxtaposition to the investor country. Moreover, FDI investors lean towards herd around a superficial world or a regional frontrunner when deciding investments in distant places and when they are not accustomed with and unable to find something in common with an FDI partner country.

Hutzschenreuter et.al (2014) employed panel data of large US firms to examine how firms familiarize their product and geographic diversification as a reaction to foreign competitors delving into their local market by assuming a behavioral perspective. They found that when the amount of import surges, the local executives diminishes their product and geographic expansion. Nevertheless, when overseas firms augment market penetration in the form of FDI instead of imports, the corporate reaction happens to be a rise in product and geographic broadening. The results imply that there is behavioral bias specifically framing that is one of the components of prospect theory in US executives of large firms.

### **3. Cognitive Biases**

Traditional economic theory infers that human beings make objective decisions based on past information which enables them predict the future. However, psychological studies have documented that decision makers have enduring flaws in their competency to bring inferences depending on past data and for that reason, develop inappropriate judgement relying on their previous experience. Burton and Shah (2013) defined cognitive bias as “a departure in inference or judgment from

objective analysis that leads to a distortion in perception or understanding.” (p:135). In this part, selected cognitive biases significant for the study i.e. herding, overconfidence, representativeness, anchoring, availability, loss aversion, regret aversion, mental accounting were presented from theoretical perspective.

### **3.1. Herding**

The basic principle of traditional finance argues that investors make well-versed and rational judgement under uncertainty. Nevertheless, this doesn't always happen due to investors' behavioral inconsistencies. One these biases are herding behavior that happens when investors have a tendency to imitate and follow the decisions of other investors. They make buying and selling decisions depending on the observation of other market players instead of their own individual information and assessment (Scharfstein & Stein, 1990). The issue of herd behavior in financial and other markets has been covered and given enormous attention both theoretically and empirically. Conversely, little has been studied concerning the inclination of investors on following the crowd in long term investment decision like FDI. According to the theory of oligopolistic markets, rival firms may potentially mimic each other and try to grab market shares in international market. Firms in an industry tend to follow each other's location decision (Knickerbocker, 1973). Hence, the essential components of the oligopoly theory can be mingled to create 'follow the leader' investment behavior in foreign destinations (Vasileva, 2011).

### **3.2. Overconfidence**

Loads of evidence shows that decision makers are by and large overconfident. Overconfidence is commonly closely associated with unwarranted optimism and unlikely wishful thinking which enable investors to overemphasize their talent and the accurateness of the information they own. Excess confidence makes people feel good and moves them to do things they might not otherwise have done and it may lead to decisions that are less than fully rational. Overconfidence is occasionally characterized as a delusion of control and to overstressing what can be anticipated from undeniably “better-than-average” competence and performance (Peterson, 2010). Managers or owners of firms who engage in a variety of investments abroad may behave in an irrational way and their expectations about the future may lead to overconfidence ignoring pertinent information concerning FDI location decisions.

### **3.3. Representativeness**

Representativeness is one of the most essential psychological approaches associated with heuristics and biases. It is a perceptual shortcut where the likelihood of an incident or a state is predicted by way of evaluating the degree to which incoming information is comparable with a particular recalled pattern (Tversky & Kahneman, 1974).

Representativeness alludes to the tendency of people to draw subjective probability decisions relying on resemblance to stereotypes. Nevertheless, distinguishing the representativeness heuristic is simpler than describing it. Gilovich (1991) elucidates the characteristics of the heuristic as: “Representativeness is a tendency to assess the similarity of outcomes, instances and categories on relatively salient and even superficial features, and then to use these assessments and similarity as a basis of judgment. People assume like goes with like.”

### **3.4. Anchoring**

Anchoring is a perception bias that occurs when we are trying to make estimation in something about which we have inadequate information. It encompasses adjustment from some initial point. The initial point may refer to current data, for instance, the current rate of inflation or economic growth. Nonetheless, that initial starting point appears to be less familiar to the people who draw that decision.

Kahneman and Tversky (1974) described that when people try to guess a parameter or quantity, they begin their thought procedure by assuming a value that is sometimes entirely random. They progressively deviate from the originally presumed figure at the time they process more information and seek the correct answer. However, there is significant empirical literature which confirms that people turn out to be very extremely involved in the starting value (the “anchor”) and cannot modify their last guesses appropriately.

Grinblatt and Keloharju (2001) and Beckmann et.al (2008) identified that a shared language and cultural background became a significant reference point for FDI decision makers to the process of investing overseas. A particular historical practice of each investing firm that determine the concept of mental distance are caused by this cultural and language impact of the two countries.

### **3.5. Availability**

Availability bias takes place when people unreasonably remember the noticeable events, i.e. those that are very fresh and/or those that they are or were passionately concerned with, particularly events happened in the recent past. As Schwartz (2010) explained it, people straightforwardly are able to bring to mind the occurrences and information that have freshly occurred, mainly in the media and corporate releases, since their broker’s or advisor’s suggestions are new in their memory.

This is because they believe that those events might have a superior possibility of occurrences. Therefore, their decision making ability will be influenced by that and they make irrational decision since there is no logical connection between recent happenings and the future ones. Like the decision making in the financial markets, long-term cross boarder decisions making is affected by current, sudden and well broadcasted incidents which is misjudged by investors while the reverse event like familiarity and consistency bring about undervaluation of the importance of events. Hence, this illusion might cause the owners or managers to change FDI location decisions (Alves, 2008).

### **3.6. Prospect theory**

One of the groundbreaking contributions in behavioral finance discipline is the prospect theory, which was contributed by the two psychologists Kahneman and Tversky in 1979. They found empirically that, under conditions of uncertainty, people underestimate outcomes that are purely likely in comparison with outcomes that are acquired with certainty. Their finding is contrary to the expected utility theory which argues that people tend to prefer the option which makes them satisfied. In short, expected utility deals with the way people should act, whereas prospect theory pertains to the manner people definitely act. Under the prospect theory loss aversion, regret aversion and mental accounting are discussed below.

#### **3.6.1. Loss aversion**

A more thorough investigation of how people react discloses that they are affected by loss aversion i.e., they sense a greater pain from losses than they obtain an advantage from proportionate gains. In other words, the notion of loss aversion is stand on the foundation that humans assign more significance to losses than they do to gains. Hence, investors' susceptibility and responsiveness become extraordinary when they deal with losses and reductions in their investments than they do in gains and increases.

Consistent with prospect theory, an individual evaluates an alternative of losses and gains corresponding to an appropriate reference point in dollar values connected to loss-averse behavior. According to behavioral economists and researchers, loss aversion and other investors' behaviors are global in nature and all multinational companies' managers share them since they come from diverse countries and cultures (Aharoni, 2011).

#### **3.6.2. Regret aversion**

People are sensitive when they make decisions that provide them the opportunity to get rid of feeling emotional pain in the occurrence of a disadvantageous outcome. Closing an account at a loss is challenging due to regret aversion. Shefrin and Statman (1985) claim that the panic of causing regret drives an investor to put off losses, though on the opposite side, the desire for self-esteem (delight) initiates the recognition of gains. An investor senses remorseful when closing a position with a loss as a result of the unfortunate investment decision that was undertaken, on the other hand satisfies when achieving a position with a gain since the financial decision bring about a return. As for self-control, it is debated that although investors habitually are familiar with the mistake they are doing, they have trouble controlling the feelings to keep losers.

#### **3.6.3. Mental accounting**

The other psychological phenomenon is mental accounting, which defines individuals' behavior of splitting up incomes and expenses into distinct accounts that are dealt with in a different way (Thaler,



1985). People employ this disguised method to code and calculate financial results: transactions, investments, gambles and so on by means of producing diverse “accounts” in their mind for numerous gains or losses. In addition, they associate together explicit groupings of inflows and outflows.

Conventionally, economists have presumed that funds are fungible (interchangeable); however, due to the “silo approach” shaped by mental accounting, people do not treat them as substitutable. Real decisions that people make point out that money is not all the time fungible. Even though some misrepresentations and otherwise abnormal manners can arise, mental accounting can bring favorable results in that it might benefit people exercise self-discipline, enhancing the habit of rules and encourage spending less and saving more money. Similar to investors in financial markets, FDI investors or managers might behave in way that they treat their different investment elements in their investment portfolio separately.

#### **4. Data and Methodology**

Primary data relevant to the study were collected in the form of survey. Out of around 248 Turkish firms with and without Ethiopian partners under pre-implementation, implementation and operation status, a sample of 95 Turkish foreign direct investors which are operating and are fully owned by Turkish investors were included in the survey. The survey was filled by the owners of those firms in both English and Turkish version of the questionnaire within three months. Due to the dispersed location of the investors and companies, it was found convenient to take samples from companies and investors working in the capital Addis Ababa and the nearby industrial zones. The questionnaires were distributed through electronic form via social media and email in addition to face to face contacts.

The survey tried to assess existence of some elements of behavioral biases on Turkish FDI investors in Ethiopia. Therefore, the survey questions were organized to check whether there is cognitive illusion in their FDI investment decision making or not.

The questions focused on selected behavioral rules like herding, representativeness, overconfidence, anchoring and availability biases as well as prospect theory variables like loss aversion, regret aversion and mental accounting. A 5-point interval scale that is employed to evaluate respondents’ judgement and attitudes were used to examine the investors’ degree of agreement or disagreement towards the stated behavioral anomalies. In addition, dependent variables namely type of business, size of the company, amount of investment and FDI duration were used to assess their association with and effect on behavioral irregularities.

Factor analysis was chosen to analyze the survey data. It employs mathematical techniques for the simplification of interconnected events to determine trends in a group of variables. Exploratory factor analysis (EFA), which is one of the techniques that tries to reveal multifaceted arrangements by discovering the dataset and testing forecasts, was applied to examine which behavioral variables go together and the number of factors that instigate the variables (Child, 2006). Factor analysis

is beneficial and practical since it simplifies a large set of variables into smaller sets and thereby concentrating on few and significant factors to ease meaningful explanations.

In order to scrutinize the relationship between the dependent variables stated above and the behavioral factors, Ordinary Least Square (OLS) regression analysis method was used. The data were analyzed using Eviews 8.0 software package.

## 5. Analysis and Findings

### 5.1. Descriptive Statistics

The statistical results of the study based on the sample of 95 Turkish FDI investors are depicted in table 1. It shows that the about one-third that is 74% of the firms are medium size in terms of amount of capital and number of employees. Textile, hotels and restaurants and agro processing sectors are some of the preferred sectors for investments. Concerning the duration of investment, 68% of the firms have been operating in Ethiopia from one to five years. 63% the firms allocated till 20 million USD in the form of capital in their investment in Ethiopia and almost 90% of them targeted both local and foreign customers in the process of selling products and providing services.

**Table 1:** Responses to General Information about the Firms

Items and responses	No.	Percentage
<b>Type of Business</b>		
Textile	20	21
Hotels and restaurants	20	21
Agriculture and agro-processing	15	16
Construction	10	11
<b>Size of the firm (by number of employees)</b>		
Small	10	10.5
Medium	70	73.7
Big	15	15.8
<b>Duration of investment</b>		
1-5 years	65	68.4
6-10 years	25	26.3
11-15 years	5	5.3
16 years and above	0	0
<b>Target customer</b>		
Local	5	5.3
Foreign	5	5.3
Both	85	89.5
<b>Amount of Investment (in USD)</b>		
1-20 million	60	63.2
21-40 million	20	21.1
41 – 60 million	5	5.3
61 million and above	10	10.5

**Table 2:** Descriptive Statistics for Dependent Variables

Variables	N	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.	Variance	Skew	Kurtosis
Size	95							
Duration	95	1.00	3.00	2.052	0.5129	0.263	0.087	0.891
Target	95	1.00	3.00	1.368	0.5844	0.342	1.348	0.849
Amount	95	1.00	3.00	2.842	0.4906	0.241	-3.119	8.667
Valid N (listwise)	95	1.00	4.00	1.631	0.9898	0.980	1.474	0.942

Herding (choice of sector), anchoring and loss aversion responses have significant positive, negative and negative correlations respectively with size of the investing firms at 5% level. Herding (choice of sector, amount of investment and buying and selling decisions) variables have positive significant correlation with duration of investment at 5% level whereas overconfidence has positive but speed of herding, representativeness and loss aversion have negative significant correlation with duration at 10% level. Finally, overconfidence and loss aversion found to have positive and significant correlation with amount of investment at 5% level.

**Table 3:** Descriptive Statistics for Dependent Variables

Selected behavioral variables	Mean	Std. Deviation
Herding – choice of sector	3.21	1.701
Herding – amount of investment	2.74	1.649
Herding – buying and selling	2.94	1.543
Herding – speed of herding	2.58	1.437
Overconfidence	3.74	1.548
Anchoring	3.15	1.403
Anchoring	3.73	1.476
Anchoring	4.06	1.033
Representativeness	3.93	1.241
Loss aversion	3.13	1.390
Loss aversion	2.40	1.385
Regret aversion	2.84	1.489
Risk aversion	3.14	1.589
Mental accounting	3.45	1.373
Valid N (listwise)		

Table 2 and 3 illustrate the overall descriptive statistics of both dependent variables and behavioral factors respectively. Anchoring and representativeness biases have the highest mean scores followed by overconfidence, mental accounting and herding (choice of sector) variables. The lowest mean scores have been registered for loss aversion, herding (speed of herding and amount of investment)

**Table 4:** Correlation Analysis Between Firm Information and Behavioral Factors

Variables	Size	Duration	Target	Amount
Size	1			
Duration	-0.243			
Target	-0.178	-0.537	1	
Amount	0.143	0.053	0.098	1
Gender	0.035	0.217	-0.111	0.046
Herding – choice of sector	0.290**	0.347**	-0.340**	-0.048
Herding – amount of investment	-0.046	0.430**	-0.248*	-0.092
Herding – buying and selling	-0.064	0.375**	-0.221**	0.022
Herding – speed of herding	0.027	-0.218*	0.068	-0.097
Overconfidence	0.087	0.245*	-0.135	0.405**
Anchoring	-0.300**	0.017	0.101	-0.199
Anchoring	-0.117	0.134	-0.141	0.172
Anchoring	0.091	0.126	-0.027	0.139
Representativeness	-0.103	-0.204*	-0.086	0.019
Loss aversion	-0.012	-0.203*	0.037	0.312**
Loss aversion	-0.328**	0.069	0.098	0.036
Regret aversion	-0.127	0.127	0.110	0.175
Risk aversion	0.117	-0.192	0.020	-0.271
Mental accounting	0.121	-0.064	-0.036	-0.031

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

**Table 5:** KMO and Bartlett's Test Results

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		.625
<b>Bartlett's Test of Sphericity</b>	Approx. Chi-Square	690.67
	df	36
	Sig.	.000

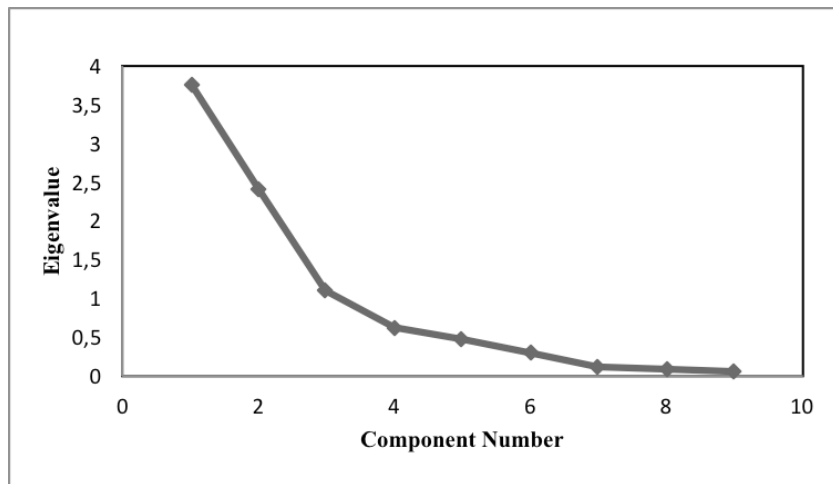
## 5.2. Factor Analysis

A factor analysis relying on 14 behavioral items were made in order to determine essential measurements of the items, which are supposed to be significant, by the survey respondents. The Bartlett test of Sphericity ( $\rho < 0.000$ ) and the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of sampling adequacy (with a value of 0.625) validates the suitability of the data for exploratory factor analysis

**Table 6:** Correlation Analysis Between Firm Information and Behavioral Factors

No	Variable name	Communality	Factor	Eigen value	Percent of variance	Cumulative percent
1	Anchoring	0.938	1	3.787	42.073	42.073
2	Representativeness	0.726	2	2.414	26.825	68.897
3	Herding (choice of sector)	0.860	3	1.095	12.168	81.066
4	Herding (amount of investment)	0.894				
5	Regret aversion	0.759				
6	Herding (buying and selling decisions)	0.861				
7	Overconfidence	0.866				
8	Anchoring	0.605				
9	Mental accounting	0.787				

Principal component analysis was chosen to decrease the number of factors with an eigenvalue greater than 1 provided that our intention was to categorize the minimum number of factors that would constitute the maximum share of variance of the original items. The primary condition in identifying the number of factors which are appropriate is to select a cumulative percentage of variance greater than 50%. Hence, in table 6, a cumulative percentage of nearly 81.17% comprising the first three variables out of 9 original behavioral variables have been identified.



**Figure 1:** The Scree Plot

The scree test (see Figure 1) displays eigenvalues and factors. The number of factors to be considered is the data points that are above the breakdown point (i.e., point of inflexion). There are a limited number of factors which are gauged more accurately than the other remaining factors. Therefore, the above graph based on the eigenvalues shows that the first three prevailing values fall above the straight line whereas the rest fall below the line.

**Table 7:** Rotated Component Matrix based on Varimax with Kaiser Normalization Method

Variable name	Factor		
	1	2	3
Anchoring	0.945		
Representativeness	0.900	0.927	
Herding (choice of sector)	0.729	0.910	
Herding (amount of investment)	0.726	0.846	
Regret aversion			0.830
Herding (buying and selling decisions)			0.805
Overconfidence			
Anchoring			
Mental accounting			

The first factor includes anchoring, representativeness and herding (choice of sector and amount of investment). The second factor consists of loss aversion, herding (buying and selling decisions) and overconfidence whereas the third factor comprises anchoring and mental accounting.

Having illustrated that the study had demonstrated a stable solution, analysis of the varimax-rotated factor loading was implemented (see table 7). After disregarding the negative loadings, the final positive loadings have been shown on factors 1, 2 and 3. Consequently, the study identified three factors, which constitute the behavioral biases of Turkish FDI investors in Ethiopia while making investment decisions.

### 5.3. Reliability and Consistency Test

Cronbach's Alpha Test is employed to check the reliability of internal consistency of measurements in which the entire items measure identical concept or construct and therefore it is linked with interconnectedness of the items within the test (Tavakol & Dennick, 2011). It takes account of a statistical summary that defines the steadiness of a particular sample of respondents across a number of questions or variables. It enables us to predict the dependability of participants' responses to the respective measurements. Cronbach's alpha is commonly applied in social and behavioral researches as a gauge of reliability of a study.

**Table 8:** Reliability and Internal Consistency Results

Factors and variables	Item-total correlation	$\alpha$ value
<b>Factor 1</b>		
Representativeness	0.017	0.782
Herding(choice of sector)	0.529	0.656
Herding (amount of investment)	0.658	0.610
<b>Factor 2</b>		
Regret aversion	0.542	0.653
Herding (buying and selling decisions)	0.651	0.617
<b>Factor 3</b>		
Mental accounting	0.324	0.716

The reliability and consistency test is demonstrated in table 8. As a general rule, values closer to one imply a greater internal consistency whereas values closer to zero show an inferior internal consistency. According to the statistical result, the overall Cronbach's alpha value is 71%, which is considered acceptable in some studies (McMillan & Schumacher, 2001) (Blunch, 2008) even though some other studies confirm that it is tolerable to have alpha values above 60%. Therefore, it safe to infer the reliability and internal consistency of this study is satisfactory and suitable to apply regression test. Due to inconsistency, from the first and third factors anchoring and from the second factor overconfidence variables were disregarded from study. Hence, the main behavioral anomalies of Turkish FDI investors in Ethiopia are representativeness; herding variables (choice of sector, amount of investment and buying and selling decisions), regret aversion and mental accounting.

**Table 9:** Regression Test Results

Variables	Size	Duration	Target	Amount
Herding choice	0.250*	0.057	-0.096**	0.174**
Herding amount	-0.220*	0.123***	0.059	-0.218***
Herding buying	0.034	0.012	-0.131***	-0.026
Representativeness	0.056	0.216*	-0.086	0.301*
Regret aversion	0.061	0.044	0.124*	0.352*
Mental accounting	0.037	-0.221*	-0.007	-0.517*

\* Denote significance at 1% levels

\*\* Denote significance at 5% levels

\*\*\* Denote significance at 10% levels

#### 5.4. Regression Analysis

Having examined rotated principal component loadings, scree test, KMO and Bartlett's test, and a reliability test based on the survey data which focused on the behavioral biases of Turkish FDI investors in Ethiopia, in table 9, the regression analysis was demonstrated. The result indicated the association between 'Turkish FDI firms' general information (size, duration, target and amount of investment) and behavioral variables stated earlier. The table depicts the value of coefficients and their respective significance level. Though various studies used 1%, 5% and 10% level of significances together, this study employed 5% level of significance as a cut-off point to forecast or predict the relation between the variables.

Accordingly, size and amount of investment have positive while target has negative relationship with herding (choice of investment). It shows that when FDI investors' firm size and investment amount increases, the owners tend to follow the herd exceedingly whereas when their target encompasses the global market, they abandon to follow the herd. Herding (amount of investment) negatively affected by size i.e. when firms size increases, following the herd (by the amount of investment) weakens.

Representativeness has a positive and significant link with duration and amount of investment, that is, when the investing firms stay for a long time in the host country and invest more money; they have a tendency to forecast the changes in their future investment based on the recent performance which is one of indicators of representativeness heuristic.

Regret aversion found to have positive and significant association with target of customers and amount of investment variables. The way investors try to address both local and foreign customers and greater investment amount results in avoiding selling properties/business ventures that have decreased in value and readily sells those that have increased in value which is a typical form of loss aversion behavior. Finally, duration and amount of investment have positive and significant relation with mental accounting. It implies that when firms stay for long and invest a significant amount of money, they tend to treat each element/account in their investment portfolio separately that is one type of mental accounting, which is psychological phenomenon of splitting up incomes and expenses into distinct accounts that are dealt with in a different way.

## **6. Conclusion**

In this paper an attempt has been made to study the major behavioral biases of Turkish FDI investors in Ethiopia with regard to their long-term decision making in different sectors of the country's economy. Moreover, the relationship between the investors firms' general information namely size, duration, target customers and amount of investment and the behavioral anomalies has been analyzed. A survey was conducted covering a list of questions to assess the existence of behavioral anomalies on Turkish FDI investors in Ethiopia. The results of factor analysis confirm that psychological irregularities such as representativeness, herding, regret aversion and mental accounting have been observed on Turkish FDI in investors while they are making investment decisions in Ethiopia. This finding refutes partly the traditional economic view which is based on rational decision making of investors. In addition, the findings based on the regression analysis, though mixed, supports that amount of investment of the firm positively affects herding, representativeness, regret aversion and mental accounting. This implies that when the FDI investors put more money in their investment, their emotional and psychological abnormality rise and lead them to make irrational economic decisions. In addition, duration of investors in Ethiopia affects their representativeness and mental accounting behavioral biases positively. It can be inferred that the longer Turkish FDI investors stay in Ethiopia, the higher they apply cognitive psychological biases in their economic and financial decisions.

Therefore, policy analysts, decision makers, and researchers in this area should benefit from such findings and consider behavioral factors of FDI in addition to economic, political and social factors and give due consideration in their policy analysis and academic papers. Potential researchers can study behavioral biases of other FDI investors in Ethiopia and compare with Turkish investors employing the same or different behavioral variables, which help them get the full picture as to how investors are attracted to FDI.



## References

- Ackert, L., & Deaves, R. (2010). *Behavioral Finance Psychology, Decision-Making, and Markets* (1 ed.). Mason: South-Western Cengage Learning.
- Aharoni, Y. (2011). Behavioral elements in foreign direct investments. *Research in Global Strategic Management*, 15(15), 23-60.
- Alves, R. P. (2008). *Behavioural Determinants of Foreign Direct Investment*. Lisbon: Gabinete de Estratégia e Estudos, Ministério da Economia.
- Amanuel, M. (2015). Factors affecting FDI flow in Ethiopia: An empirical investigation. *International Journal of Current Research*, 7(2), 12608-12614.
- Araujo, S. (2009). Imitative behaviour and FDI location choice: An empirical assessment. IFN Seminar. Stockholm: Research Institute of Industrial Economics.
- Atlaw, D., Teklemariam, D., & Dong-Geun, H. (2014). Determinants of foreign direct investment: Reflections from Ethiopia. *Social and Basic Sciences Research Review*, 2(2), 85-95.
- Baker, K., & Nofsinger, J. (2010). Behavioral Finance: An Overview. In K. Baker, & J. Nofsinger (Eds.), *Behavioral Finance: Investors, Corporations, and Markets* (pp. 03-22). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Barberis, N., & Thaler, R. (2003). A survey of behavioral finance. In G. Constantinides, M. Harris, & R. Stulz (Eds.), *Handbook of the Economics of Finance* (pp. 1051-1121). North Holland: Elsevier Science B.V. .
- Beckmann, D., Menkhoff, L., & Megumi, S. (2008). Does culture affect asset managers' views and behavior? *Journal of Economic Behavior & Organization*, 67(3-4), 624-643.
- Blunch, N. J. (2008). *Introduction to structural equation modelling using SPSS and AMOS*. . Thousand Oaks CA: Sage Publications Ltd.
- Burton, E., & Shah, S. (2013). *Behavioral finance: Understanding the social, cognitive, and economic debates*. New Jersey: John Wiley & Sons, inc.
- Child, D. (2006). *The essentials of factor analysis* (3rd ed.). New York: Continuum International Publishing Group.
- Eiteman, D., Stonehill, A., & Moffett, M. (2013). *Multinational business finance* (13 ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Fama, E. (1998). Market Efficiency, Long-term returns, and behavioral finance. *Journal of Financial Economics*, 49(3), 283 –306.
- Getinet, H., & Hirut, A. (2006). Determinants of foreign direct investment in Ethiopia: A time series analysis. *The 4th International Conference on the Ethiopian Economy*. Addis Ababa.
- Gilovich, T. (1991). *How we know what isn't so: The fallibility of human reason in everyday*. New York: The Free Press.
- Grinblatt, M., & Keloharju, M. (2001). What makes investors trade? *The Journal of Finance*, 56(2), 589–616.
- Hosseini, H. (2005). An economic theory of FDI: A behavioral economics and historical approach. *The Journal of Socio-Economics*, 34, 528-541.
- Hutzschenreuter, T., & et.al. (2014). Corporate strategic responses to foreign entry: Insights from prospect theory. *The Multinational Business Review*, 22(3), 294-323.
- Knickerbocker, F. (1973). *Oligopolistic reaction and multinational enterprise*. Cambridge: Harvard University.
- Kuo, C.-L., & Fang, W.-C. (2009). Psychic Distance and FDI Location Choice: Empirical Examination of Taiwanese Firms in China. *Asia Pacific Management Review*, 14(1), 85-106.
- Levis, M., Muradoglu, G., & Vasileva, K. (2010). Herding in FDI outflows. *International Conference on Computational and Financial Econometrics*. London: Senate House.

- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2001). *Research in education: A conceptual introduction*. New York: Logman.
- Peterson, R. (2010). Neuroeconomics and Neurofinance. In K. Baker, & J. Nofsinger, *Behavioral finance : investors, corporations, and markets* (pp. 73-94). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Ritter, J. (2003). Behavioral finance. *Pacific-Basin Finance Journal*, 11(4), 429-437.
- Rosenboima, M., Luskib, I., & Shavit, T. (2008). Behavioral Approaches to Optimal FDI Incentives. *Managerial and Decision Economics*, 29, 601-607.
- Scharfstein, D., & Stein, J. (1990). Herd Behavior and investment. *The American Economic Review*, 80(3), 465-479.
- Schwartz, H. (2010). Heuristics or Rules of Thumb. In H. K. Baker, *Behavioral Finance – Investors, Corporations, and Markets* (pp. 57-72). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Shefrin, H., & Statman, M. (1985). The Disposition to Sell Winners Too Early and Ride Losers Too Long: Theory and Evidence. *Journal of Finance*, 40(3), 777-790.
- Shiller, R. (2003). From efficient markets theory to behavioral finance. *Journal of Economic Perspectives*, 17(1), 83-104.
- Shleifer, A., & Summers, L. (1990). The noise trader approach to finance. *Journal of Economic Perspectives*, 4, 19-33.
- Statman, M. (2008). Countries and culture in behavioral finance. In CFA Institute Conference Proceedings Quarterly, 25(3), 38-44
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53-55.
- Thaler, R. (1985). Mental accounting and consumer choice. *Marketing Science*, 4(3), 199-214.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 85, 1124-1131.
- Vasileva, K. (2011). Foreign direct investment – a behavioural finance approach. Retrieved June 13, 2017, from City University: <http://openaccess.city.ac.uk/1185/>



# DOES MANDATORY INTEGRATED REPORTING AFFECT STOCK PRICES? AN EMPIRICAL STUDY ON THE JOHANNESBURG STOCK EXCHANGE

## ZORUNLU ENTEGRE RAPORLAMA HİSSE SENEDİ FİYATLARINI ETKİLER Mİ? JOHANNESBURG BORSASI ÜZERİNE AMPİRİK BİR ÇALIŞMA

A.R. Zafer SAYAR\*  
Metin Can TOPDEMİR\*\*

### Abstract

Integrated Reporting (IR) is one of the new reporting phenomena that has gained widespread attention over the last decade because of the growing demand for non-financial forward-looking information. It combines financial and non-financial information such as governance and social information under one report. Even though this implementation framework has been published, there is a need to address its effects on share prices and earnings per share ratio from an analytical perspective. In this paper, we have adopted a panel data analysis to test the effects of mandatory IR implementation on companies listed in the Johannesburg Stock Exchange. The connection was established through a panel data analysis on two separate models composed of financial ratios, between the years of 2007 and 2016 using a dummy variable starting from 2011 to incorporate the commencement of mandatory IR. We conclude that compulsory Integrated Reporting has a statistically meaningful relationship with both the share price and earnings per share ratio of companies.

**Keywords:** Integrated reporting, Stock price valuation, Earnings per share, Johannesburg Stock Exchange

**JEL Classification:** G10, G15, G18, M40, M48

### Özet

Entegre Raporlama kurumsal dünyada son birkaç yıl içinde finansal olmayan geleceğe dönük verilerin raporlanması hususunda artan talepten dolayı dikkati çeken yeni raporlama olgularından biridir. Bu raporlama finansal ve finansal olmayan yönetim ve sosyal öğeleri tek bir rapor altında bir araya getirmektedir. Uygulama çerçevesinin yayınlanmış olmasına rağmen hisse senedi fiyatları ve hisse başı kazanç üzerindeki etkisi ve uygulanabilirliğinin ele alınması gerekmekte olup literatürde henüz analitik bir çalışma mevcut

\* Associate Prof. Dr., TOBB University of Economics & Technology, Faculty of Economics and Administrative Sciences, 0000-0002-2731-8209.

\*\* CPA, Ph.D. Candidate, Hacettepe University, Graduate School of Social Sciences, 0000-0002-4859-208X

değildir. Bu çalışmada panel veri analizi ile zorunlu Entegre Raporlamanın, Johannesburg Borsasında hisse senetleri işlem gören firmaların üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu ilişki, 2007 ve 2016 yılları arasındaki finansal oranlarla oluşturulan iki farklı modele panel veri analizi ve 2011 yılından itibaren gölge değişken kullanılarak uygulanmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Entegre Raporlama zorunluluğunun hisse senedi fiyatları ve hisse başı kazanç ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki içinde olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Entegre raporlama, Hisse senedi değerlemesi, Hisse başı kazanç, Johannesburg Borsası

**JEL Sınıflandırma:** G10, G15, G18, M40, M48

## I. Introduction

In the last decade, the perception of “value” in the business world has been in an ever-evolving stage. As a result of this, the market valuation of organizations started to be more composed of intangible assets in comparison to tangible assets. Along with this shift in the understanding of “value” the dynamics of the global economy started to change.

The main reason behind the increasing demand for non-financial information and metrics regarding social and environmental impacts (Stewart, 2015) is the shift in the market capitalization of S&P 500 companies to become more intangible asset-weighted (Eccles, Serafeim, & Krzus, 2011). Accordingly, the days where the financial performance of an organization is the mere measure of worth has passed (Burke & Clark, 2016). Figure 1 presents the shift of market valuation components from tangible assets to intangible assets in a striking manner. As it can be read from Figure 1, Intangible Assets represented only %17 of the total market valuation of the S&P companies back in 1975 whereas in 2015 it grew to become %84.



**Figure 1:** Components of S&P 500 Market Value (Ocean Tomo, n.d.)

Thus, it is safe to say that influence of intangible assets on competitiveness has increased and their effective management became a crucial component to address for sustainable value creation process of organizations. In this manner, Eccles and Serafeim (2013) define sustainability as "...in terms of a company's strategy and the relationship between this strategy and the society that grants companies their license to operate". Consequently, they point out that a sustainable strategy should create value for both the organization and the society (Eccles & Serafeim, 2013).

Considering these developments, organizations started to voluntarily publish corporate sustainability reports that communicate non-financial information. However, due to lack of regulation and guidance, these reports fell short of meeting expectations and merely became supplements to the annual financial reports (Eccles & Krzus, 2010).

The call to vary Corporate Reporting and disclosure of non-financial information found an answer when in 2010 International Integrated Reporting Council (IIRC) was founded and introduced the Integrated Reporting (IR) framework in 2011 (Havlová, 2015). IR became the logical consequence of the call for non-financial information disclosure and corporate responsibility issues (Marin-Garcia & Tomas, 2016).

## **2. Integrated Reporting in South Africa**

The corporate governance in South Africa during the early 1990s was at a minimal level. Mainly, large corporations were family owned and an emphasis on corporate governance was not existent (Schulschenk, 2012). The establishment of Institute of Directors in Southern Africa (IoDSA) in 1992, which was commissioned by the King Committee, marks the beginning of Corporate Governance studies in South Africa since the sole purpose of this institutions was to promote corporate governance studies to launch the Southern African economy in the global context (Eccles, Serafeim, & Armbruster, 2012).

The committee has issued its first report King I in 1994, which has outlined that a focus of a company should shift from maximizing book value to maximizing economic value while considering needs and expectations of all the stakeholders (Schulschenk, 2012). In 2002, following the World Summit on Sustainable Development in Johannesburg, the first king code was revised and King Code II was published (King Committee, 2002). In addition to the first code, King Code II has introduced concepts of risk management and sustainability. This report indicated that companies should not be operating with the solitary purpose of financial profit but should also consider its economic, environmental and social outcomes (King Committee, 2009).

Along with IIRC, which has published the integrated reporting framework, the King Report on Governance for South Africa became a separate formation that undertook this concept (Marin-Garcia & Tomas, 2016). The step towards compulsory reporting was taken with the King Code III in 2010 (IoDSA, 2013). Accordingly, in 2010 Johannesburg Stock Exchange modified its listing requirements to include the recommendations put forward by the King III report. Consequently, 450

listed companies were obliged to issue an integrated report for the prospective fiscal years in place of the annual financial and sustainability reports (Eccles et al., 2011).

### **3. Literature Review**

This paper examines the relationship between IR, share price valuations and earning per share through financial ratios derived from corporations listed on the South African Johannesburg Stock Exchange. To be able to test this relationship we have utilized two different econometric panel data models with IR function being the dummy variable.

IIRC strongly argues that components of IR framework will maximize the effectiveness of capital distribution in the financial markets by ensuring better quality information disclosure to prospective investors. Under this context, we predict that both share price valuation and earnings per share ratio are positively associated with the IR reporting presence of corporations.

One of the important changes that have already begun is the increasing demand and emphasis on non-financial information. Demand regarding disclosure of non-financial information containing Environmental, Social, and Governance (ESG) performance from the investors has been growing (Eccles et al., 2011). However, in the current form of financial reporting, which can be considered as the main source of decision making for investors, the value of intangible assets like human capital, brand value, natural resources, R&D and intellectual capital is not present.

Pursuantly, traditional corporate financial reporting structure was challenged as an inefficient and a non-satisfactory tool following the global economic crisis. The main emphasis was that the current form of financial reporting only provides information about the past and investors were looking for prospective outlook as well (Flower, 2015). Heretofore, with John Elkington's concept of triple bottom line, emphasis on organization's impact on social, economic and environmental areas gained widespread attention during the late 1990s and early 2000s (Dumay, Bernardi, Guthrie, & Demartini, 2016).

Under this context there have been many studies that have analyzed and examined the non-financial reporting undertaken by corporations (Maas, Schaltegger, & Crutzen, 2016) and it has been determined that reporting of non-financial capital utilized by corporations such as human and natural should be reported in a manner which underlines how they are being utilized to support long-term corporate sustainability (Beck, Dumay, & Frost, 2017). The long-term sustainability of a company, from a financial point of view, can be expressed as the ability to continuously maximize wealth for its shareholders.

This idea of full disclosure supports the theory of full efficiency in the decision-making process of investors. Accordingly, in the ever-changing global markets, only the investors who possess all of the data during the decision-making process may succeed (Fărcas, 2015). Possession of full data in return, will correct the stock price valuations and ensure the fair distribution of the capital

(Rikanovic, 2005). It has been determined that there is an empirical relationship between investors of a stock and the volatility of that stock. Accordingly, long-term institutional investors prefer to buy stocks of companies which provide frequent, meaningful and transparent disclosures (Bushee & Christopher, 2000).

The main research agenda of financial economics has always been the estimation of stock prices and stock price returns. Accordingly, it has been widely accepted that stock price valuation has predictable components (Kothari & Shanken, 1997; La Porta, 1996). There has been a lot of studies supporting these results, Ang and Bekaert (2006) have concluded that stock price predictability is more efficient and short-term rather than long-term.

In a fully efficient capital market, all stock prices should reflect the available information in a full and objective manner at fair value. Even though there have been a lot of studies that prove the viability of this theory, there has been an increasing number of studies that aim to prove its invalidity. The main reason behind these studies is that the price-earnings ratios reflect the future investment decisions (Basu, 1977). Even though Kendall (1953) has determined in his study that stock prices oscillate over time, Kendall's other progenitor studies on efficient markets focused on using past data to estimate future stock prices (Lewellen, 2004).

The current literature for stock prices indicates a variance between the intrinsic value of a stock and its market price. This variance acts as an input for the decision-making process of the investors (Ou & Penman, 1989). Accordingly, analysts rely heavily on the expected rate of growth on revenue while neglecting the intrinsic value of stocks (Easton, 2004). The current consensus is that there exists a positive and linear relationship between past earnings and stock prices (Molodovsky, 1955).

The current studies mainly rely on predictive regression models to estimate the stock prices (Gupta & Modise, 2012). Even though there are certain econometric challenges concerning predictive regression models (Gregory Mankiw & Shapiro, 1986; Kirby, 1997), the general accord is that they are effective to be used in future stock price estimation modelings (Campbell, 1999).

As of yet, there has not been any empirical study on the effects of Integrated Reporting on stock prices and earnings per share ratio. However, Baboukardos and Rimmel's (2016) study showed a positive relationship between mandatory IR and market capitalization of companies listed in the Johannesburg Stock Exchange.

The existing literature includes different studies that examine the relationship between Earnings Per Share and Stock Price Valuation with different independent variables. However, there has not been any study that used IR as a dummy variable to measure its effect.

## 4. Research and Empirical Study

### 4.1. Data and Limitations

We have used 10 years of data observations derived from the 30 companies listed in Table 1 below for the years between 2007 and 2016. We have excluded companies that have not been traded on the stock exchange for a continuous 10-year period due to bankruptcy, merger or corporate split. Additionally, we are aware that there might have been effects of the 2008-2009 financial global crises on the data and this effect should be carefully evaluated and tested separately.

**Table 1:** Industrial Distribution of the Companies used in the Empirical Study

Industry	Number of Companies
Industrial Metals & Minerals	6
Retail	5
Precious Materials & Minerals	2
Real Estate	2
Communication Services	2
Basic Materials	2
FMCG	2
Energy	1
Holding	1
Production of Medical Drugs	1
Consumer Cyclical	1
Production of Paper & Related Products	1
Production of Cosmetics	1
Production of Tobacco-Related Products	1
Healthcare	1
Insurance	1
<b>Total</b>	<b>30</b>

Data used in the empirical study is composed of financial information derived from the websites of the companies listed below for the years between 2007 and 2016. The use of special accounting periods is common in South Africa and accordingly, the fiscal year of the company may end and start either in March, June, September or December.

The banking and finance industry has been excluded from this study. Sector-specific financial ratios should be considered for this particular industry in the prospective studies. The effects of IR on stock prices and earnings per share of financial institutions should be evaluated with a separate study.



**Table 2:** Research Sample

No #	Company Name	No #	Company Name
1	Kumba Iron Ore	16	MTN Group Ltd
2	Oceana Group LTD	17	Nampak Ltd
3	Liberty Holdings LTD	18	Netcare Ltd
4	Sasol Ltd	19	Sappi Ltd
5	The Foschini Group Ltd	20	Telkom SA SOC Ltd
6	Truworths International Ltd	21	Woolworths Holdings Ltd
7	Anglo American Plc	22	Tiger Brands Ltd
8	AngloGold Ashanti Ltd	23	African Rainbow Minerals Ltd
9	Aspen Pharmacare Holdings Ltd	24	BHP Billiton Plc
10	Barloworld Ltd	25	British American Tobacco Plc
11	Exxaro Resources Ltd	26	Imperial Holdings Ltd
12	Gold Fields Ltd	27	Northam Platinum Ltd
13	Impala Platinum Holdings Ltd	28	Clicks Group Ltd
14	Intu Properties Plc	29	Pick n Pay Stores Ltd
15	Massmart Holdings Ltd	30	Distell Group Ltd

Additionally, financial ratios utilized in the study are listed in Table 3. The calculation details of the ratios can be observed from the table. The data used to calculate these ratios, independent variables in our model, is derived from the audited financial statements that are disclosed for investors for the years between 2007 and 2016. The dependent variables for our models are Earnings Per Share and Stock Price Valuation. These dependent variables are posted in two different models.

**Table 3:** Financial Ratios used as Independent Variables

No #	Variable Name	Symbol	Calculation
1	Earnings Per Share	EPS	Net Income / Outstanding Shares
2	Net Earnings Margin %	NEM	Net Income / Sales Revenue
3	Operating Margin %	OPM	Net Operating Income / Sales Revenue
4	Return on Assets %	ROA	Net Income / Total Assets
5	Return on Equity %	ROE	Net Income / Shareholder's Equity
6	Year over Year Growth	YYG	(Current Year Revenue – Previous Year Revenue) / Current Year Revenue
7	Current Ration	CUR	Current Assets / Current Liabilities
8	Financial Leverage	FIL	Total Debt / Total Assets
9	Quick Ration	QUR	(Current Assets – Inventory) / Current Liabilities
10	Debt/Equity Ratio	DEB	Total Debt / Shareholder's Equity
11	Receivables Turnover	RET	Sales Revenue / Average Total Receivables
12	Inventory Turnover	INV	Cost of Goods Sold / Average Inventory
13	Asset Turnover	AST	Sales Revenue / Average Total Assets
14	Mandatory Integrated Reporting	EZR	
15	Stock Price	HSF	

#### 4.2. Research Hypothesis and Models

The main hypothesis of this study is founded on the positive relationship between mandatory IR disclosure and firm valuations, which is represented through “Earnings per Share” and “Stock Price Valuation” variables. In this context hypothesis zero ( $H_0$ ) should be empirically tested and verified.

Main and the null hypothesis of the study are presented below;

$H_0$ : Financial Ratios have no effect on Earnings per Share and Stock Price Valuations of Companies.

$H_1$ : Financial Ratios have an effect on Earnings per Share and Stock Price Valuations of Companies.

In order to test these hypotheses, the research models below are used;

1. *Research Model:*  $EPS_{it} = \beta_0 + \beta_1 NEM_{it} + \beta_2 OPM_{it} + \beta_3 ROA_{it} + \beta_4 ROE_{it} + \beta_5 YYG_{it} + \beta_6 CUR_{it} + \beta_7 FILL_{it} + \beta_8 QUR_{it} + \beta_9 DEB_{it} + \beta_{10} RET_{it} + \beta_{11} INV_{it} + \beta_{12} AST_{it} + \beta_{13} EZR_{it} + \varepsilon_{it}$
2. *Research Model:*  $HSFit = \beta_0 + \beta_1 NEM_{it} + \beta_2 OPM_{it} + \beta_3 ROA_{it} + \beta_4 ROE_{it} + \beta_5 YYG_{it} + \beta_6 CUR_{it} + \beta_7 FILL_{it} + \beta_8 QUR_{it} + \beta_9 DEB_{it} + \beta_{10} RET_{it} + \beta_{11} INV_{it} + \beta_{12} AST_{it} + \beta_{13} EZR_{it} + \varepsilon_{it}$

Subsequently, some of the financial ratios utilized in this study are calculated using the same denominator, which may suggest multicollinearity between independent variables and correlation problems. In the light of these, a factor analysis is adapted to determine multicollinearity between variables. High multicollinearity variables will be tested to form composite independent variables to eliminate the correlation problem.

The factor analysis is completed with IBM SPSS 23.0 version. Principal components method and varimax rotation techniques are adapted to carry out the factor analysis. The main objective of this technique is to group the independent variables under a limited number of composite variables as possible.

KMO and Bartlett tests are used to determine sample adequateness of the study and suitability of the data matrix to the rotation technique before factor analysis is implemented. The related statistics of these tests are presented below in Table 4.

**Table 4:** KMO and Bartlett Test Statistics

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		,597
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1252,567
	Df	66
	Sig.	0,000

The statistical results suggest that Kaiser Meyer sample adequacy statistics is below 0,5 and that the sample size is satisfactory. Additionally, it has been observed that the Bartlett test statistics is statistically meaningful at a %95 confidence level.

Consequently, the scree plot graph is used to determine the proper number of factors for the factor analysis process.

The scree plot graph can be observed in Figure 2.



**Figure 2:** Factor Analysis Scree Plot Graph

Once the graph is examined it can be observed that the Eigenvalue rate decreases after the fifth factor. Accordingly, it can be stated that a 5-factor disposition would be favorable for the factor analysis. Before deciding on the number of factors to be used variance rates can be evaluated as well. The variance rates that can be explained by a number of factors are illustrated below in Table 5.

**Table 5:** Expounded Variance Rates

Factor	Primary Eigenvalue			Derived Weighted Sum of Squares			Rotated Weighted Sum of Squares		
	Tot.	% Var.	Cum %	Tot.	% Var.	Cum %	Tot.	% Var.	Cum %
1	3,03	25,248	25,248	3,03	25,248	25,248	1,968	16,396	16,396
2	1,763	14,692	39,939	1,763	14,692	39,939	1,954	16,281	32,677
3	1,571	13,091	53,031	1,571	13,091	53,031	1,891	15,755	48,432
4	1,46	12,163	65,193	1,46	12,163	65,193	1,782	14,847	63,28
5	1,032	8,598	73,791	1,032	8,598	73,791	1,261	10,511	73,791
6	0,934	7,781	81,573						
7	0,697	5,806	87,378						
8	0,522	4,349	91,727						
9	0,361	3,008	94,736						
10	0,241	2,006	96,742						
11	0,212	1,764	98,506						
12	0,179	1,494	100						

As it can be observed from the Table first and second factors are able to account for %16 of the total variance. Additionally, third and fourth factors can account for %15, whereas the fifth factor can account for %10 of the variance. In total five factors can account for %74 of the total variance. The total being above %70 is a favorable rate for factor analysis.

The five-factor structure and inter independent variable grouping with factor loads can be observed in Table 6.

**Table 6:** Rotation Factor Matrix

	Component				
	1	2	3	4	5
ROE	0.781				
ROA	0.762				
YYG	0.632				
OP		0.936			
NM		0.902			
QUR			0.918		
CUR			0.913		
DEB				0.886	
FILL				0.775	
RET					
AST					0.595
INV					0.561

Based on factor loads presented below, each factor has a load more than 0,5 and the first factor is composed of 3 independent variables whereas the rest of the factors are composed of 2 independent variables. Factors and independent variable couplings are presented in the Table below.

**Table 7:** Factor Independent Variable Couplings

Factor	Independent Variable
F1	ROE
	ROA
	YYG
F2	OP
	NM
F3	QUR
	CUR
F4	DEB
	FILL
F5	AST
	INV

The models are updated based on the factor structure explained above are as follows;

$$EPS_{it} = \beta_0 + \beta_1 F1_{it} + \beta_2 F2_{it} + \beta_3 F3_{it} + \beta_4 F4_{it} + \beta_5 F5_{it} + \beta_6 EZR_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$HSF_{it} = \beta_0 + \beta_1 F1_{it} + \beta_2 F2_{it} + \beta_3 F3_{it} + \beta_4 F4_{it} + \beta_5 F5_{it} + \beta_6 EZR_{it} + \varepsilon_{it}$$

#### 4.2.1. Cross-Sectional Dependency Evaluation

The independent variables are tested for cross-dependency before determination of stationarity of independent variables through unit root tests. These are important to understand the structure of the data and the further methods that will be implemented for unit root tests. The existence of cross-sectional dependency has a great impact on the end results (Breusch & Pagan, 1980; Pesaran, 2004). Cross-sectional dependency has an impact on unit root tests and panel cointegration tests that will be realized. Since this study involves 10 years with 300 observations in total, is not eligible for long-term co-integration relationship and relation of causality analysis. We have adopted the Pesaran CD test to further evaluate cross-sectional dependency and the existence of stationarity, in order to avoid non-stationarity in the unit root tests. The Pesaran CD test is appropriate where  $t$  is smaller than  $n$  (Pesaran, 2004). The Pesaran CD test statistics are presented in Table 8.

**Table 8:** Pesaran CD Test Statistics

Variable	Pesaran CD Statistic	d.f	p
EPS	986.056	435	0.000*
HSF	1442.055	435	0.000*
F 1	668.448	435	0.0027*
F 2	558.7891	435	0.0043*
F 3	347.258	435	0.0021*
F 4	857.058	435	0.001*
F5	966.3411	435	0.0026

Based on the results of the Pesaran CD test, all null hypothesis, which states that inter-variable independency exists, is rejected. In this model, the companies that form the panel have cross-dependency for all the independent variables. Accordingly, a change in one of the companies that form the model will affect the same variable in other companies as well.

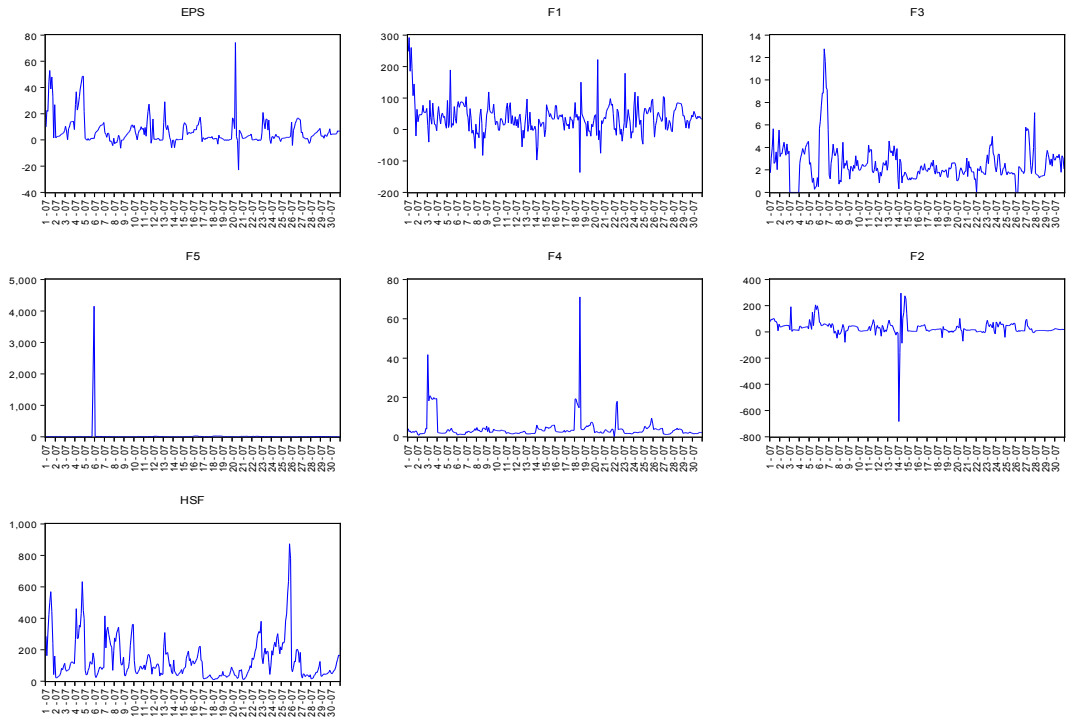
#### 4.2.2. Unit Root Tests

We have adopted four different unit root tests based on the cross-sectional dependency results of the Pesaran CD test. The unit root statistics are reported under the Table 9, whereas, the categorized time graphics of the independent variables are shown in Figure 3.

**Table 9:** Unit Root Tests

Variable	Levin, Lin & Chu t		Im, Pesaran and Shin W-stat		ADF – Fisher Chi-square		PP – Fisher Chi-square	
	Statistic	p value	Statistic	p value	Statistic	p value	Statistic	p value
EPS	-11.571	0.000	-1.647	0.049	76.858	0.070	64.353	0.327
D(EPS)*	-10.461	0.000	-4.885	0.000	132.368	0.000	244.269	0.000*
HSF	-1.872	0.030	0.878	0.812	62.404	0.390	56.914	0.589
D(HSF)*	-4.744	0.000	-2.321	0.010	93.021	0.004	183.694	0.000*
F1*	-8.022	0.000	-3.003	0.001	101.601	0.000	133.477	0.000
F2*	-50.849	0.000	-7.492	0.000	90.811	0.000	102.379	0.000
F3*	-7.373	0.000	-2.864	0.002	99.159	0.000	138.320	0.000
F4	0.120	0.548	0.370	0.644	61.008	0.439	106.293	0.000*
D(F4)*	0.386	0.005	-1.778	0.037	93.230	0.003	312.565	0.000
F5	-0.494	0.310	1.180	0.881	51.941	0.761	92.100	0.004
D(F5)*	-6.344	0.000	-2.832	0.002	103.384	0.000	235.279	0.000

D(X): First Differencing of Variable X. \* Represents statistical significance at a %95 confidence level.



**Figure 3:** Unit Based Categorized Time Graphs

The null hypothesis for unit root tests is that the series don't have a unit root whereas the alternative hypothesis is that the series contains at least one unit root, which means non-stationarity. Since all

the series have cross-dependency it would be safer to evaluate unit root existence with four different unit root tests. For the unit root test presented in Table 10, if the majority test accepts the non-existence of unit root in the series, it has been acknowledged that the series does not have a unit root. In the case of equalization or existence of tests that reject the null hypothesis in the majority, series are subjected to differencing and unit root tests are re-run.

As it can be observed from Table 9, the variables EPS, HSF, F4, and F5 are not stationary at surface level. However, after the first differencing they became stationary. Rests of the variables are stationary as is. The models are updated based on the first differencing of said variables. The updated models are presented below.

$$d(EPS)_{it} = \beta_0 + \beta_1 F1_{it} + \beta_2 F2_{it} + \beta_3 F3_{it} + \beta_4 d(F4)_{it} + \beta_5 d(F5)_{it} + \beta_6 EZR_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$d(HSF)_{it} = \beta_0 + \beta_1 F1_{it} + \beta_2 F2_{it} + \beta_3 F3_{it} + \beta_4 d(F4)_{it} + \beta_5 d(F5)_{it} + \beta_6 EZR_{it} + \varepsilon_{it}$$

Lastly, before the model estimation is made, we need to determine whether to use a random-effects model or a fixed effect model. We have adopted the Hausman test and its statistics to determine the estimation model to be used. The Hausman test statistic hypothesis is;

$H_0$ : Random effects model is more efficient than the fixed effects model,

$H_1$ : Fixed effects model is more efficient than the random effects model.

Hausman test statistics are presented in Table 10.

**Table 10:** Hausman Test Statistics

Model	Chi-square value	d.f	p value
1. Model	30.366	6	0.000*
2. Model	4.455	6	0.615

The Hausman statistics showed that for the first model fixed effects model would be more efficient whereas for the second model random effect model is more efficient. Accordingly, for the first model  $H_0$  is rejected although it is accepted for the second model.

#### 4.2.3. Model Estimations

During the model estimations it has been observed that all models have heteroscedasticity problem and in solution, all estimations were made in white process. The examination of Heteroscedasticity Wald test is adopted for fixed effects model and Levene Brown & Forstye tests for the random effects model.

For the assumption of non-autocorrelation Baltagin Wu LBI test is adopted for fixed effects model and Lagrange Multiplier test for random effects model. We have not observed any non-autocorrelation and accordingly made no further resolution.

#### 4.2.3.1 First Model Estimation

$$d(EPS)_{it} = \beta_0 + \beta_1 F1_{it} + \beta_2 F2_{it} + \beta_3 F3_{it} + \beta_4 d(F4)_{it} + \beta_5 d(F5)_{it} + \beta_6 EZR_{it} + \varepsilon_{it}$$

The estimation results of the first model with fixed effects model are presented in Table 11.

**Table 11:** First Model Estimation Results

Variable	Coefficient	Standard Error	t-statistics	p value
F1	0.084	0.010	8.179	0.000*
F2	0.009	0.006	1.396	0.163
F3	0.507	0.399	1.272	0.204
F4	0.117	0.089	1.320	0.187
F5	0.000	0.001	0.242	0.808
EZR	1.46	0.730	2.00	0.004*
R-Square	0.24	Adjusted R-Square	0.22	
F	15.777	F (p)	0.0000*	

Dependent Variable = d(ESP), \* Represents statistical significance at %95 confidence level

Based on the F probability value, it can be said that the model is statistically significant. The independent variables of the model can account for %22 of the changes in the dependent variable. Once the variables are evaluated one by one it can be concluded that the F1 independent variable, which is composed of ROA, ROE and YYG ratios, and the EZR (mandatory IR), has statically significant and positive effect on the dependent variable of EPS. In other words, it can be stated that mandatory IR has a statistically significant effect on the dependent variable of Earnings Per Share.

#### 4.2.3.2. Second Model Estimation

$$d(HSF)_{it} = \beta_0 + \beta_1 F1_{it} + \beta_2 F2_{it} + \beta_3 F3_{it} + \beta_4 d(F4)_{it} + \beta_5 d(F5)_{it} + \beta_6 EZR_{it} + \varepsilon_{it}$$

The estimation results of the second model with random effects model are presented in Table 12.

**Table 12:** Second Model Estimation Results

Variable	Coefficient	Standard Error	t-statistics	p
F1	0.525	0.124	4.236	0.000*
F2	0.013	0.079	0.166	0.867
F3	0.121	4.892	0.024	0.980
F4	1.059	1.074	0.986	0.324
F5	0.001	0.017	0.880	0.379
EZR	3.09	1.696	0.954	0.000*
R-Sqaure	0.34	Adjusted R-Square	0.32	
F	6.344	F (p)	0.0000*	

Dependent Variable = d(HSF), \* Represents statistical significance at %95 confidence level



Based on the F probability value, it can be said that the model is statistically significant. The independent variables of the model can account for %32 of the changes in the dependent variable. Once the variables are evaluated one by one it can be concluded that the F1 independent variable, which is composed of ROA, ROE and YYG ratios, and the EZR (mandatory IR), has statically significant and positive effect on the dependent variable of HSF. In other words, it can be stated that mandatory IR has a statistically significant effect on the dependent variable of Stock Price Valuations.

## 5. Conclusion

Interest in the disclosure of non-financial information has been steadily growing after the downfall of the global financial crisis in 2008. The introduction integrated reporting framework introduced a holistic report, which combines financial and non-financial information, as well as including forward-looking information of a company. The adaptation of IR requires a corporate-wide change to create value for all stakeholders to promote corporate sustainability.

In this paper, we have adopted a panel data analysis to test the effects of mandatory IR implementation on companies listed in the Johannesburg Stock Exchange from a financial point of view. The connection was established through a panel data analysis on two separate models composed of financial ratios, between the years of 2007 and 2016 using a dummy variable starting from 2011 to incorporate the commencement of mandatory IR. This study aims to provide evidence regarding the connection between IR and financial viability of a company for a continuous period of 10 years.

The results of this study show parallel results with Gupta and Modise's (2012) work that had statistically showed meaningful relationships between long-term stock price-dividend and price-earnings ratios. The results have proved the validity of  $H_1$  hypothesis. Additionally, findings support the conclusions derived by Baboukardos and Rimmel (2016). The F1 variable being statistically meaningful for both models is in line with the findings of (Jitmaneroj, 2017). Moreover, our results are in parallel with the existing studies in the literature on stock pricings by Rapach and Wohar (2005) and Campbell and Schiller (1988).

Lastly, both models show statistical meaningfulness for the use of IR on stock prices and earnings per share ratios of the companies. The empirical results are important in a time where the validity, practicality, and effectiveness of IR are being largely criticized. As the sole reason of IR is to promote corporate sustainability in the long-term, empirical studies need to be repeated as larger data sets start to form.

As a conclusion, this empirical study provides initial evidence on the effects of mandatory integrated reporting implementation on stock price valuations and earnings per share. The results support the argument of IIRC regarding promoting long-term corporate sustainability. Even though the current format of IR is in an ever-changing status based on stakeholder's demand for information, the results illuminate prospective results of this newly established reporting structure.

## References

- Basu, S. (1977). Investment performance of common stocks in relation to their price-earnings ratios: A test of the efficient market hypothesis. *The Journal of Finance*, 32(3), 663–682. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1977.tb01979.x>
- Beck, C., Dumay, J., & Frost, G. (2017). In pursuit of a “Single Source of Truth”: From threatened legitimacy to integrated reporting. *Journal of Business Ethics*, 141(1), 191–205. <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2423-1>.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239. <https://doi.org/10.2307/2297111>.
- Burke, J. J., & Clark, C. E. (2016). The business case for integrated reporting: Insights from leading practitioners, regulators, and academics. *Business Horizons*, 59(3), 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2016.01.001>.
- Bushee, B. J., & Christopher, F. N. (2000). Corporate disclosure practices, institutional investors, and stock return volatility. *Journal of Accounting Research*, 38, 171–202.
- Campbell, J. Y. (1999). Asset prices, consumption, and the business cycle. In *Handbook of Macroeconomics* (pp. 1231–1303). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0048\(99\)10032-6](https://doi.org/10.1016/S1574-0048(99)10032-6).
- Dumay, J., Bernardi, C., Guthrie, J., & Demartini, P. (2016). Integrated reporting: A structured literature review. *Accounting Forum*, 40(3), 166–185. <https://doi.org/10.1016/j.accfor.2016.06.001>.
- Easton, P. D. (2004). PE ratios, PEG ratios, and estimating the implied expected rate of return on equity capital, *The Accounting Review*, 79(1), 73–95. <https://doi.org/10.2308/accr.2004.79.1.73>.
- Eccles, R. G., & Krzus, M. P. (2010). One report: Integrated reporting for a sustainable Strategy.
- Eccles, R. G., Serafeim, G., & Armbruster, P. (2012). Integrated Reporting in South Africa.
- Eccles, R. G., Serafeim, G., & Krzus, M. P. (2011). Market Interest in nonfinancial information. *Journal of Applied Corporate Finance*, 23(4), 113–127. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9173-6>.
- Eccles, R. G., & Serafeim, G. (2013). A tale of two stories: Sustainability and the quarterly earnings call. *Journal of Applied Corporate Finance*, 25(3), 8–19.
- Fărcaș, T. V. (2015). Development of corporate reporting over time : From a traditional system to an Integrated System. *Audit Financiar*, 4(124), 106–113.
- Flower, J. (2015). The international integrated reporting council: A story of failure. *Critical Perspectives on Accounting*, 27, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.cpa.2014.07.002>.
- Gregory Mankiw, N., & Shapiro, M. D. (1986). Do we reject too often?: Small sample properties of tests of rational expectations models. *Economics Letters*, 20(2), 139–145. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(86\)90161-8](https://doi.org/10.1016/0165-1765(86)90161-8).
- Gupta, R., & Modise, M. P. (2012). Valuation ratios and stock return predictability in South Africa: Is it there? *Emerging Markets Finance and Trade*, 48(1), 70–82. <https://doi.org/10.2753/REE1540-496X480104>.
- Havlová, K. (2015). What integrated reporting changed: The case study of early adopters. *Procedia Economics and Finance*, 34(15), 231–237. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01624-X](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01624-X).
- IoDSA. (2013). Practice Notes: King III reporting in terms of the JSE Listing Requirements. Johannesburg.
- Jitmaneroj, B. (2017). The impact of dividend policy on price-earnings ratio. *Review of Accounting and Finance*, 16(1), 125–140. <https://doi.org/10.1108/RAF-06-2015-0092>.
- King Committee. (2002). King report on corporate governance for South Africa 2002. Retrieved from [http://library.ufs.ac.za/dl/userfiles/documents/Information\\_Resources/KingII Final doc.pdf](http://library.ufs.ac.za/dl/userfiles/documents/Information_Resources/KingII%20Final%20doc.pdf).

- King Committee. (2009). King Code of Governance Principles for South Africa 2009. Retrieved from [http://cymcdn.com/sites/www.iodsa.co.za/resource/collection/94445006-4F18-4335-B7FB-7F5A8B23FB3F/King\\_III\\_Code\\_for\\_Governance\\_Principles\\_.pdf](http://cymcdn.com/sites/www.iodsa.co.za/resource/collection/94445006-4F18-4335-B7FB-7F5A8B23FB3F/King_III_Code_for_Governance_Principles_.pdf).
- Kirby, C. (1997). Measuring the predictable variation in stock and bond returns. *Review of Financial Studies*, 10(3), 579–630. <https://doi.org/10.1093/rfs/10.3.579>.
- Kothari, S. P., & Shanken, J. (1997). Book-to-market, dividend yield, and expected market returns: A time-series analysis. *Journal of Financial Economics*, 44(2), 169–203. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(97\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(97)00002-0).
- La Porta, R. (1996). Expectations and the cross-section returns of stock. *The Journal of Finance*, 51(5), 1715–1742. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1996.tb05223.x>.
- Lewellen, J. (2004). Predicting returns with financial ratios. *Journal of Financial Economics*, 74(2), 209–235. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2002.11.002>.
- Maas, K., Schaltegger, S., & Crutzen, N. (2016). Advancing the integration of corporate sustainability measurement, management and reporting. *Journal of Cleaner Production*, 133, 859–862. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.006>.
- Marin-Garcia, J. A., & Tomas, J. M. (2016). The integrated reporting: A presentation of the current state of art and aspects of integrated reporting that need further development. *Intangible Capital*, 12(1), 357–389. <https://doi.org/10.3926/ic.476>.
- Molodovsky, N. (1955). Stock prices and current earnings. *Financial Analysts Journal*, 11(4), 83–94. <https://doi.org/10.2469/faj.v11.n4.83>.
- Ocean Tomo. (n.d.). Intangible asset market value study. Retrieved November 21, 2017, from <http://www.oceantomo.com/intangible-asset-market-value-study/>.
- Ou, J. A., & Penman, S. H. (1989). Financial statement analysis and the prediction of stock returns. *Journal of Accounting and Economics*, 11(4), 295–329. [https://doi.org/10.1016/0165-4101\(89\)90017-7](https://doi.org/10.1016/0165-4101(89)90017-7).
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *Cesifo Working Paper No. 1229*. Apollo – University of Cambridge Repository. <https://doi.org/10.17863/cam.5113>
- Rapach, D. E., & Wohar, M. E. (2005). Valuation ratios and long-horizon stock price predictability. *Journal of Applied Econometrics*, 20(3), 327–344. <https://doi.org/10.1002/jae.774>.
- Rikanovic, M. (2005). Corporate disclosure strategy and the cost of capital – An empirical study of large listed German Corporations. University of St.Gallen.
- Schulsenk, J. (2012). Corporate Governance Research Programme: Interview Summary Report.
- Stewart, L. S. (2015). Growing demand for ESG information and standards: Understanding corporate opportunities as well as risks. *Journal of Applied Corporate Finance*, 27(2), 58–63.



## A STUDY ON THE COMPARISON BETWEEN FUZZY CONTROL CHARTS AND TRADITIONAL CONTROL CHARTS

### FAZİ KONTROL GRAFİKLERİ İLE KLASİK KONTROL GRAFİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI ÜZERİNE BİR DENEME

Hakan YILDIRIM\*  
Hakan AYDOĞAN\*\*  
Sami ÖZCAN\*\*\*  
Serkan ETİ\*\*\*\*

#### Abstract

In this paper, it is aimed to compare traditional p-control charts with fuzzy control charts for making more accurate decisions and quality control measurements in businesses. For this purpose, by using the assumption that binomial distribution conforms to the collected data for p-control charts, the data is derived by simulation technique and analyzes are performed. As a result of the analysis, it is seen that the data in the traditional p-control charts that are out of the control limits are under control in the fuzzy control charts. Additionally, the fuzzy control charts have made it possible to make more precise measurements and to eliminate the firms from unnecessary process improvement costs.

**Keywords:** Fuzzy control charts, p-charts, Statistical process control

**JEL Classification:** C15, L61, M11

#### Özet

Bu çalışmada, kalite konusunda işletmeler için daha hassas kalite kontrol ölçümleri yapabilmeleri ve bununla birlikte işletmelerin daha doğru kararlar alabilmelerini sağlamak üzere klasik p-kontrol grafikleri ile fazi<sup>1</sup>(fuzzy) kontrol grafiklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda p-kontrol

\* Prof. Dr., Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, hakany68@marmara.edu.tr

\*\* Arş. Gör., Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, hakanaydogan@kastamonu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9482-9888

\*\*\* Arş. Gör., Ardahan Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, samiozcan@ardahan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7654-7614

\*\*\*\* Öğr. Gör., İstanbul Medipol Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, seti@medipol.edu.tr, ORCID: ORCID: 0000-0002-4791-4091

1 Armutlulu (2014: 22) yılındaki yayınlamış olduğu "Belirsizlik ve Fazi Aritmetiği Sosyal Bilimlerin Dili" adlı kitabında L.A. Zadeh'in "Fuzzy" kavramı için vermiş olduğu katkı ve bu katkıya duymuş olduğu saygının yanı sıra kavramın Türkçe

grafikleri için toplanan verilerin binom dağılımına uyma varsayımı dikkate alınarak simülasyon tekniği ile veriler türetilmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda klasik p-kontrol grafiklerinde kontrol sınırları dışında çıkan verilerin fazi kontrol grafiklerinde kontrol altında olduğu görülmüştür. Bununla birlikte fazi kontrol grafiklerinin daha hassas ölçümler yaparak işletmeleri gereksiz süreç iyileştirme maliyetlerinden kurtarabildiği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Fazi kontrol grafikleri, p-grafikleri, İstatistiksel süreç kontrolü

**JEL Classification:** C15, L61, M11

## I. Giriş

Üretimin başladığı ilk dönemler de mevcut pazarın çok küçük olması, rakip ve rekabet kavramlarının henüz yerleşmemesi sebebiyle kalite kavramı göz önüne alınmayan bir unsur halinde iken son 100 yılda yaşanan gelişmeler ile artık kalite hem üreticiler hem de tüketiciler için vazgeçilmez bir kavram haline dönüşmüştür. Teknolojik gelişmeler, artan rakip sayısı, ürün sunumu için alternatif yolların artması, bilginin en büyük girdi haline gelmesi vb. birçok gelişme bu dönüşüme yol açmıştır. Bununla birlikte, işletmelerin rekabet güçlerini artırmaları ve pazarda tutunabilmeleri için kalitenin iyileştirilmesi, vazgeçilmez bir olgu haline gelmiştir. Rekabet edebilme ve pazarda tutunabilmeyi başarma konusunda işletmeler için öncelikli hedefler: kalitenin en doğru şekilde tanımlanması, en iyi şekilde ortaya konması ve sürekliliğinin sağlanabilmesi olmuştur. Bu hedef doğrultusunda, hem işletmeler hem de bilim insanları uzun yıllardır kimi zaman sektör bazında kimi zaman genel çerçevede birçok teknik öne sürmüşlerdir. Sunulan tekniklerin bu denli fazla olmasında artan rekabet, teknolojik gelişmeler vb. olmasının yanı sıra hiç kuşku yok ki kalite değişkenliğine sebep olan faktörlerin belirsizlik içermesi ve bu belirsizliklerin ortadan kaldırılmaya çalışılması da etkili olmaktadır.

Herhangi bir tekniği, diğer bir kalite kontrol tekniğinden iyi veya kötü, yararlı veya yararlı değil şeklinde ayırt etmek oldukça güçtür. Ancak kalitedeki değişkenliğin ölçülmesinde, ilk olarak 1924 yılında Shewhart tarafından önerilmiş olan kalite kontrol grafikleri, en çok kullanım alanına sahip tekniklerin başında gelmektedir. Özellikle, kusurlu/kusursuz gibi dilsel ifadeleri barındıran nitel kontrol grafiklerinde, kalite değişkenliğini hassas bir şekilde ölçebilmek oldukça güçtür. Bu güçlülükte birlikte, özellikle son yıllarda belirsizliğin ölçümünde alternatif bir yaklaşım olan ve her geçen gün kullanım alanı genişleyen fazi küme teorisi kavramı kalite kontrol alanında da sık kullanılmaya başlamıştır. Fazi küme teorisi, gözlenen verilerin belirsiz, müphem ya da insanların algılarına göre öznel olarak değişen veriler olduğunda, süreci yeterli bir şekilde modelleyebilmektedir. Bu yüzden, bazı araştırmacılar tarafından, fazilikten kaynaklanan belirsizliği ortadan kaldırabilmek için fazi kontrol grafikleri oluşturulmuştur (Faraz & Shapiro, 2010).

---

literatürdeki “bulanık” ifadesinin “Fuzzy” kavramını tam karşılamadığını düşünmesinden dolayı “Fuzzy” kavramı için “Fazi” ifadesini kullanmıştır. Bu nedenle çalışma da “Fuzzy” kavramı “Fazi” ifadesi kullanılarak ele alınacaktır.

Kesin veriler kullanılarak kontrol edilen süreçlerde, kontrol grafikleri, “Süreç kontrol altında mı?” sorusuna “Evet/Hayır” şeklinde cevap verebilirken, fazi küme teorisine dayalı olarak fazi kontrol grafikleri, “Süreç ne kadar ya da ne derece kontrol altındadır?” sorusuna cevap verebilmektedir. Örneğin, bir fazi kontrol grafiği ile örneğe ait sürecin ne derece kontrol altında olduğunun cevabı ortaya konabilmektedir. Kontrol limitleri, fazi küme teorisinden türetilmelidir ve istatistiksel kalite kontrolünü uygulayan kimseye en iyi kararı verebilmesi için yardımcı olmalıdır.

Belirsizliğin oldukça fazla olduğu kalite kontrol süreçlerinde fazi teorisinin kullanılması oldukça önemli bir kavram haline gelmiştir. Bu sebeple, çalışma kapsamında, klasik p-kontrol grafikleri ile fazi p-kontrol grafiklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Nitel kontrol grafiğinin seçilmesindeki amaç, literatürde p-kontrol grafikleri ile fazi p grafiklerine ait çalışmaların oldukça az sayıda olmasıdır. Bu amaçla, dilsel değişkenlerin belirlenmesi için Gülbay vd. (2004) tarafından kullanılan dilsel ifadeler temel alınmıştır. Buna bağlı olarak simülasyon tekniğiyle p ve np kontrol grafiklerinin varsayımı olan binom dağılımına uygun olacak şekilde veriler üretilmiştir.

Çalışma amacına yönelik, ilk olarak literatür taraması yapılmıştır. Ardından kalite kontrol, istatistiksel kalite kontrol, nitel kontrol grafikleri ve fazi kontrol grafikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bir sonraki bölümde, ele alınan veriler aracılığıyla hesaplamalar yapılmış ve kontrol grafikleri oluşturularak karşılaştırmalar yapılmıştır. Son bölümde ise, elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve önerilerde bulunulmuştur.

## 2. Literatür Taraması

Wang ve Raz (1990), fazi teorisini temel alan ve her bir dilsel terime bir fazi kümesi atayan bir yöntemi açıklamışlardır ve daha sonra kontrol limitlerinin belirlenmesi için fazi aritmetiğini kullanmışlardır. Bir kontrol grafiğindeki ölçümleri temsil edebilmek için, fazi mod,  $\alpha$ -seviyeli fazi orta seviye, fazi ortanca veya fazi ortalama (fuzzy mode,  $\alpha$ -level fuzzy midrange, fuzzy median, or fuzzy average) gibi bazı fazileştirme yöntemleri kullanılarak, temsili değerler olarak bilinen temsili fazi ölçümleri elde etmişlerdir.

Kanagawa, Tamaki ve Ohta (1993), dilsel veriler için farklı bir kontrol grafiği önermişlerdir. Bu öneri yalnızca sürecin ortalamasını kontrol etmek değil, aynı zamanda dilsel verilerin ardında yatan olasılık dağılımının kestirimi temeline dayanan sürecin değişkenliğini kontrol etmektir. Dahası, merkez çizgisini, birikmiş sinyal ortalamalarının ortalaması olarak tanımlamışlar ve Gram-Charlier dizisini kullanarak kontrol limitlerini hesaplamışlardır. Bu yaklaşımın temel zorluğu, bilinmeyen olasılık dağılım fonksiyonunun kolayca tespit edilememesidir.

Grzegorzewski ve Hryniewicz (2000), müphem verilerin faziliğini korumak için bu tür veriler oluştuğunda bir fazi hipotezini test etmek amacıyla bir yöntem önermişlerdir. Bu araştırmacılar, NISD (Necessity Index of Strict Dominance) endeksine bağlı olarak bir kontrol grafiğinin nasıl oluşturulacağını göstermişlerdir.

Taleb ve Limam (2002), dilsel veriler için kontrol grafiklerinin inşasında, Raz ve Wang (1990)'ın çalışmasında önerilen ortalama tekrar uzunluğu (average run length-ARL) temel alarak, fazi ve olasılık yaklaşımını kıyaslayarak ele almışlardır. Önemli sonuçlardan birinin temsil değerini elde etmek için kullanılan yöntem ve fazilik derecesinin Raz ve Wang tarafından bulunan sonuçların aksine kontrol grafiğinin performansını etkilediğini ifade etmişlerdir.

Gülbay, Kahraman ve Ruan (2004), nitel özellikli veriler için oluşturulan kontrol grafiklerinde daha sıkı ve daha uygun  $\alpha$  seviyesinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Araştırmalarında, örnek veri seti üzerinde çözümler gösterilmiş ve önceki çalışmalara yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Cheng (2005), bir grup uzmanın aynı görüşleri ile oluşturulan subjektif kalite değerlendirmelerinden elde edilen fazi sonuçlara ait bir süreç için fazi kontrol grafiği önerisinde bulunmuştur. Raz ve Wang (1990) tarafından türetilen simülasyon verilerini kullanarak farklı uzmanlardan alınan görüşleri fazi sayılara dönüştürmüş ve olabilirlik teorisi yardımıyla oluşturulan fazi kontrol grafiklerine işlemiştir. Sonuç olarak, ortaya konan fazi kontrol grafiklerinde sadece merkezi dağılımının değil ortaya çıkan faziliğin derecesinin de saptandığını belirtmiştir.

Gülbay ve Kahraman (2007),  $\alpha$ -kesitlerden faydalanarak yapılan fazi geçişlerini temel alan fazi kontrol grafiklerine bazı katkılar sağlamışlardır. Bu araştırmacılar aynı zamanda, herhangi bir geçiş işlemi yapmaksızın, fazi uzayındaki dilsel verilere kıyasla, fazileştirmenin kullanımına gerek kalmadan "Doğrudan Fazi Yaklaşımını" (Direct Fuzzy Approach) alternatif bir yaklaşım olarak geliştirmişlerdir.

Amirzadeh, Mashinchi ve Porehami (2009), kalite ölçümünde bir ürünün kaliteye uygun olup olmadığından ziyade uygunluk derecesinin ele alınmasının daha doğru olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu amaçla hem klasik hem de fazi alt yapısı ile kontrol grafikleri oluşturulmuş ve karşılaştırılmıştır. Oluşturulan grafiklerde hem uygunluk derecesinin daha hassas ölçümler sağladığı hem de p-kontrol grafikleri için hazırlanan fazi kontrol grafiklerinde tip II hatasının düşük olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Şentürk ve Erginel (2009), kesin ve net sayısal değerleri üyelik fonksiyonları yardımıyla fazi sayılara dönüştürmüşler ve  $x-r$  ve  $x-s$  grafikleri oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda fazi  $x-r$  ve fazi  $v-s$  grafiklerinde kontrol limitlerinin daha çok esnediğini ve değerlendirme doğruluğunun arttığı sonucunu vurgulamışlardır.

Sorooshian (2013), nitel özellikli verilerin ölçümünde fazi küme teorisinin kullanılması üzerine bir deneme yapmıştır. Bu amaçla bir işletme de üretilen teknelerin renkleri ile ilgili kontrol sistemi oluşturmuştur. Nitel özelliklere göre oluşturulan klasik kontrol grafikleri ile fazi kontrol grafikleri karşılaştırıldığında fazi kontrol grafiklerinin klasik kontrol grafiklerine göre daha küçük hacimli örneklem gruplarında bile daha doğru tespitlerde bulunduğunu belirtmiştir.

Aslangiray ve Akyüz (2014), klasik kontrol grafiklerinden u-kontrol grafiği ve fazi kontrol grafikleri olmak üzere iki ana kategoride grafik oluşturmuşlardır. Fazi kontrol grafiklerinde, fazi mod, fazi

orta değer, fazi orta aralık yaklaşımları ve Doğrudan Fazi Yaklaşımı uygulamışlardır. Bir tekstil firmasından topladıkları verileri kullanarak oluşturdukları grafiklerin sonuçlarını karşılaştırmışlar ve u-kontrol grafiklerinde kontrol dışı nokta sayısının fazi kontrol grafiklerine göre daha fazla olduğunu ayrıca u-grafiklerindeki “kontrol altında” ve “kontrol dışı” kararlarına alternatif olarak “kısmen kontrol altında” ve “kısmen kontrol dışı” gibi kararlar verilebildiğini belirtmişlerdir.

Saravanan ve Alamelumangai (2014) tarafından yapılan çalışmada, simülasyon tekniği ile nitel özelliklere uygun veriler üretilmiş ve “kabul edilemez”, “zayıf kalite”, “orta kalite”, “iyi kalite”, “mükemmel kalite” dilsel değişkenlerine göre belirsizlik hesaplamaları yapılmıştır. İlgili veriler p-kontrol grafiği, birikimli toplam (CUSUM) kontrol grafiği ve standart sapmaya dayalı  $\alpha$ -kesit fazi kontrol grafiği ile analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, standart sapmaya dayalı  $\alpha$ -kesit fazi kontrol grafiğinin daha uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, dilsel değişkenler ile fazi kontrol grafiklerinin uygulanmasının bazı durumlarda avantajlı, bazı durumlarda ise dezavantaja sahip olduğu belirtilmiştir.

Zabihinpour vd. (2015), üçgen fazi rassal değişkenler için yansız standart sapma tahminiyle fazi  $\bar{X}$ -S kontrol grafiği oluşturmuşlardır. Shewhart kontrol grafiği ile çalışmada önerilen fazi  $\bar{X}$ -S kontrol grafiğini karşılaştırmışlardır. Gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletmeden alınan gözlem değerlerini kullanmışlar ve karşılaştırma yapmışlardır. Sonuç olarak, önerilen tekniğin, örnek büyüklüğüne ve değişkenliğine bağlı olarak, süreçlerdeki anormal kaymanın tespit edilmesini % 0,1 ile %30 oranında iyileştirebileceğini vurgulamışlardır.

Hou, Wang ve Feng (2016), beş alt grup şeklinde ürettikleri örneklemeleri ele alarak dört farklı fazi üyelik hesaplama tekniği kullanarak fazi S kontrol grafikleri için analizler yapmışlardır. Amaç kapsamında, gereklilik ve olabilirlik ölçütleri, fazi çıkarım kuralları belirlenmiş ve üyelik fonksiyonları yardımıyla kontrol limitleri hesaplanmıştır. Daha sonra kontrol grafikleri oluşturulmuş ve önerilen teknikler içerisinde üçgen fazi üyelik fonksiyonlarının daha güvenilir sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Panthong ve Pongpullonsak (2016), 0-1 şeklinde oluşturulan  $\bar{X}$  kontrol grafikleri üzerine yoğunlaşmışlardır. Çalışmada, üç boyutlu fazi üyelik fonksiyonu ile daha az öneme sahip olan hatalar bertaraf edilmiştir. Çalışma amacına yönelik olarak,  $\bar{X}$  kontrol grafikleri, fazi  $\bar{X}$  kontrol grafikleri ve ağırlıklandırılmış varyans yöntemi ile fazi  $\bar{X}$  kontrol grafikleri oluşturmak amacıyla normal olmayan veriler üretilmiştir. Ağırlıklandırılmış varyans yöntemi ile fazi  $\bar{X}$  kontrol grafiklerinin diğer grafiklere göre çok daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Elitok ve Öncel (2017) tarafından yapılan çalışmada, klasik c kontrol grafiği ve fazi c kontrol grafiği sonuçları karşılaştırılarak üretim yapan işletmelere dilsel değişkenlerin kullanılabilirdiği durumlara uygun kontrol grafiği önerilmiştir. Rüzgâr yön sensörü üreten bir işletmeden her biri 100 adet içermek üzere 30 birim elektronik devre kartı alınmıştır. Sonuç olarak, işletmelere dilsel değişkenlerin kullanıldığı durumlarda klasik kontrol grafikleri yerine fazi kontrol grafiklerini kullanmaları önerilmiştir.



Madadi ve Mahmoudzadeh (2017), fazi kontrol grafiklerinin uygulanabilirliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma kapsamında, oldukça hassas ve olağandışı olarak kabul edilen anahtar üretim atölyesinde uygulama gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda fazi kontrol grafiklerinin uygulanabilirliğindeki zorluklardan ve grafiklerin hassasiyetinden bahsedilmiştir.

Pachamuthu ve Shanmugasundram (2017), pamuk üretimi yapan bir işletmeden alınan 50 adet gözlem verisi ile klasik kontrol grafiklerini ve fazi kontrol grafiklerini karşılaştırmışlardır. Ürün kalitesini dilsel olarak ifade etmişler ve iki farklı fazi yaklaşımı ile hesaplamalar yapmışlardır. Fazi kontrol grafiklerinde üyelik fonksiyonu yaklaşımı ve fazi olasılık yaklaşımı kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, fazi kontrol grafiklerinin klasik kontrol grafiklerine göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, üyelik fonksiyonu yaklaşımının dilsel değişkenleri tam olarak karşılayabildiği durumlarda fazi olasılık yaklaşımından daha kullanışlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Sakthivel, Senthamarai ve Logaraj (2017) tarafından yapılan çalışmada, fazi kısa vadeli  $\alpha$ -kesit p-kontrol grafikleri ile klasik p-kontrol grafikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, araba lastiği üreten bir işletmeden 30 alt gruptan oluşan örneklemler alınmış ve uygulama yapılmıştır. Sonuç olarak, kısa vadeli verilerde fazi kısa vadeli  $\alpha$ -kesit p-kontrol grafiklerinin klasik p-kontrol grafiklerine göre daha hassas ve uygun çözümler verdiği ifade edilmiştir.

Shu vd. (2017), örneklem hacminin değişken olduğu durumlarda fazi kontrol grafiklerinin oluşturulmasını göstermişlerdir. İlk olarak, fazi örnek grupları toplanmış ve kontrol limitleri hesaplanmıştır. Ardından, karşılaştırma için sağ ve sol limit indeksleri hesaplanmış ve limitler ile örneklere uygulanmıştır. Üçüncü aşama da süreçlerin kontrol altında veya kontrol dışında olma durumları kesikli bir şekilde ortaya çıkarılmıştır. Son olarak da tüm bu öneriler optik lenslerin pürüzsüzlüğü üzerine uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

şentürk (2017) tarafından yapılan çalışmada fazi c kontrol grafikleri kullanılarak gerçek bir veri seti üzerinde uygulanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye'nin en önemli ve büyük mutfak armatür üreticisi işletmeden 24 periyotta 60'ar örnek alınmıştır. Çalışmada, c kontrol grafiklerinin fazi mantık ile uygulanması sonucunda fazi c kontrol grafiklerinin sadece "kontrol altında" ya da "kontrol dışında" olarak değil, "kısmen kontrol altında" ve "kısmen kontrol dışında" şeklinde de karar verilebilme avantajına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Alakoç ve Apaydın (2018), hem tüm süreçlere rahat bir şekilde uyarlanabilecek hem de nicel de olsa nitel de olsa tüm veri türlerine uygulanabilecek yeni bir fazi c kontrol grafiği önermeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, simülasyon tekniği ile veriler üretmişler ve ilgili veriler yardımıyla Shewhart c kontrol grafikleri ve önerilen yeni fazi c kontrol grafiği oluşturmuşlardır. Karşılaştırma sonucunda, önerilen yeni fazi c kontrol grafiğinin daha etkili bir performans gösterdiğini ve kusurları daha hassas belirleyebildiğini ifade etmişlerdir.

### 3. İstatistiksel Kalite Kontrol ve Kontrol Grafikleri

Teorik olarak literatürde kalite ile ilgili birçok tanım yer almaktadır. Bunun en önemli sebebi kalite algısının kişiden kişiye değişmesi olarak düşünülebilir. Hangi sektörde olursa olsun herhangi bir ürüne ulaşmanın çok kolay olduğu ve tercih yapma imkânının geniş olması göz önüne alındığında, tüketicilerin kalite algısının çok boyutlu ve çeşitli olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla, işletmeler de bu kadar çeşitli olan kalite algısına yönelik olarak farklı çalışmalar yapmakta ve kalite algısındaki değişimleri takip edebilmek için sürekli incelemelerde bulunmaktadır. Ancak genel hatları ile bakıldığında, kalite kavramını tüketiciler ve işletmeler açısından ayrı ayrı tanımlamak gerekirse; işletmeler açısından kaliteyi, bir ürün için daha önce belirlenen spesifikasyonlara uygunluk derecesi ve arzu edilen ürün içerikleri ile ortaya çıkan ürün içerikleri arasındaki uyum şeklinde tanımlamak mümkündür. Tüketiciler açısından ise kalite, kullanıma uygunluk ve tüketici tatminini sağlama kapasitesine sahiplik olarak ifade edilebilmektedir. Bu iki farklı açıdan değerlendirildiğinde günümüzde kalite, tüketici ihtiyaçlarını ve beklentilerini sürekli olarak karşılama ve hatta bu ihtiyaç ve beklentileri aşma olarak tanımlanabilmektedir (Vonderemse ve White, 1996). Kalite kavramının ve kalite algısının bu denli çeşitli olmasından dolayı işletmeler hem mevcut kalite politikalarını iyileştirmek hem de bu iyileştirmeleri sürekli hale getirebilmek için kaliteyi kontrol etmektedirler. Kalite Kontrol kısaca, bir işletmenin daha önce belirlenen kalite hedeflerine ulaşması, kalite isteklerinin sağlanması için kullanılan uygulama yöntemleri ve faaliyetlerinin tamamı olarak ifade edilebilmektedir (Şenol, 2012). Kalite kontrolde kullanılan istatistiksel süreç kontrolü ise, bir ürünün en ekonomik ve gereksinimleri karşılayacak şekilde üretilmesini sağlamak için veri toplama, analizini yapma, yorumlama ve çözüm yolları önermek üzere istatistik prensip ve tekniklerinin, üretimin tüm aşamalarında kullanılması olarak tanımlanabilir (Çolak ve Akdeniz, 2008).

İstatistiksel süreç kontrolü için birçok teknik bulunmaktadır. Bu tekniklerin kullanım yerleri ve kullanım amaçları farklı olmasına rağmen en çok tercih edilen istatistiksel süreç kontrol tekniği, kalite kontrol grafikleridir. Kontrol grafikleri genel olarak örneklem verilerinden elde edilen üst ve alt olmak üzere iki adet kontrol limiti ve ortalama değeri gösteren bir merkez çizgiden oluşmaktadır. Toplanan örneklerin alt limit ve üst limit arasında ve yayılımın merkez çizgi etrafında olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer yayılım merkez çizgi etrafında değil ve herhangi bir örneğe ait gözlem değeri kontrol limitlerini aşıyorsa, sürecin kontrol dışında olduğu kararı verilmektedir. Kontrol grafiğinin amacı, süreçten elde edilen örneklemelere dayanarak sürecin kontrol altında olup olmadığının ve kontrol dışında olması halinde bu durumun özel mi yoksa doğal sebeplerden mi kaynaklandığının belirlenmesidir. Bir süreç için, ürünlerin yayılımı ya da genel olarak örnekten örneğe değişkenlik gösteren kalite karakteristiğinin olması, genel olarak iki sebepten kaynaklanmaktadır. Bunlardan birincisi, insanın müdahale şansının olmadığı nem, sıcaklık, basınç vb. doğal kaynaklı sebepler olurken, ikinci sebep ise süreci belirli bir yöne iterek kontrol dışına çıkarabilen ve kaynağı tespit edilebilen özel sebepler olarak yer almaktadır. Kontrol grafikleri ile doğal sebeplerden kaynaklı değişkenlikten ziyade, özel sebeplerden kaynaklanan değişkenliklerin olması durumunda sürece müdahale etmek amaçlanmaktadır.

Kontrol grafikleri nicel (ölçülebilir) ve nitel (ölçülemeyen) veri tiplerine göre iki farklı grupta ele alınabilmektedir. Nicel özellikler uzunluk, ağırlık, hacim vb. sayısal ifadelerle belirtilebilen özellikler olurken nitel özellikler ise sayısal ifadelerle belirtilemeyen ve kusurlu-kusursuz olarak ifade edilebilen özelliklerin tamamıdır. Kullanılacak kontrol grafiğinin türüne, ilk olarak elde edilecek olan veri tipinin nicel ya da nitel olmasına göre karar verilmektedir. Nicel özelliklere sahip bir veri setinin olması halinde, örneklem hacmi sayısına göre  $\bar{X}$ , S veya R grafiklerden biri tercih edilir. Nitel özelliklere sahip bir veri setinde ise ilk olarak kusurlu sayısı veya kusur oranı ölçümüne karar verildikten sonra c, u, n veya np grafik türlerinden biri ile gerekli kontroller yapılmaktadır.

#### 4. Nitel Kontrol Grafikleri

Nitel kontrol grafikleri, istatistiksel olarak kontrol altında tutulacak süreçten elde edilen ürünleri ölçme işleminin elverişsiz olduğu, kontrol edilen kalite özelliklerinin herhangi bir ölçü birimine sahip olmadığı ve kusurlu-kusursuz, uygun-uygun değil, iyi-kötü, kabul-red, düzenli-düzensiz vb. şeklinde iki kategorili olarak sınıflandırılabilirdiği durumlarda kullanılır. Bu tür grafikler, kusurlu sayısı veya kusurlu oranı temel alınarak c, u, p ve np grafikleri olmak üzere dört farklı şekilde sınıflandırılabilir. Bu grafiklerden c kontrol grafiği, süreçten alınan her bir örneklemdeki kusur sayısı üzerinden işlem yaparken, u kontrol grafikleri ise, birim başına kusur sayısını dikkate alarak çalışmaktadırlar. Hem c grafiği hem de u grafiği teorik olarak poisson dağılımı göstermektedir. Bunun yanı sıra c kontrol grafiğinde, süreçten alınan örneklem büyüklükleri sabit olması gerekirken, u kontrol grafiklerinde örneklem büyüklükleri değişkende olabilmektedir.

Kusurlu sayısı ve kusurlu oranı temelli olan diğer nitel kontrol grafikleri ise p ve np kontrol grafikleridir. Her iki kontrol grafiğinde de örneklem verilerinin teorik dağılımın binom dağılımına uyduğu varsayılmaktadır. Kusurlu sayısı kontrol grafiği (np grafiği), kusurlu oranının hesaplanmasına ihtiyaç duymadan “kusurlu” parçalara ait kontrol grafiklerinin oluşturulmasına olanak sağladığı için tercih edilmektedir. Ancak örneklem sayısının değişken olması halinde, np grafiklerinin kullanımı uygun olmamaktadır. Yani, np kontrol grafiklerinin kullanılması için belirli aralıklarla çekilen örneklem büyüklüklerinin sabit olması gerekmektedir (Işığışık, 2012).

Örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda, p-kontrol grafiklerinin kullanılması uygundur. Örneklem büyüklüğü değişken olduğunda, p-kontrol grafiklerinin çizimi için üç farklı yaklaşım bulunmaktadır: Bunlardan birincisi, her bir örnekleme ait büyüklüğe göre ayrı ayrı kontrol limitlerinin hesaplanmasına dayanan “değişken aralığa sahip-kontrol limitleri” yaklaşımıdır. İkinci yaklaşım ise, değişken olan örneklem büyüklüklerinin ortalamasına dayanan kontrol limitlerinin oluşturulduğu “ortalama örnek büyüklüğüne dayalı kontrol grafikleri” yaklaşımıdır. Son olarak ise “standartlaştırılmış kontrol grafikleri” yaklaşımı ile her bir örneğe ait oranlar standartlaştırılarak grafiğe aktarılırken, alt kontrol limiti  $-3$ , üst kontrol limiti  $+3$  ve merkez çizgi 0 alınarak standart kontrol limitleri kullanılmaktadır (Montgomery, 1996). Bu üç yaklaşımdan değişken aralığa sahip kontrol limitleri yaklaşımında, kontrol limitleri değişken olurken diğer iki yaklaşımda kontrol limitleri sabitleştirilmiş bir hale getirilmektedir. Ayrıca, standartlaştırılmış kontrol grafikleri yaklaşımında

kontrol limitlerinin hesaplanmasına ilişkin bir eşitlik bulunmamaktadır. Bu yaklaşımda, alt limit  $-3$  ( $3\sigma$  anlayışından) üst limit de  $+3$  ( $3\sigma$  anlayışından) olarak alınırken merkez çizgi 0 kabul edilir. Aşağıda yer alan Eşitlik (1) değişken aralığa sahip kontrol limitleri yaklaşımı için kontrol limitlerinin hesaplanmasını ve Eşitlik (2) ortalama örnek büyüklüğüne dayalı kontrol grafikleri yaklaşımı için kontrol limitlerinin hesaplanmasını göstermektedir.

$$\begin{aligned} AKL &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \\ MÇ &= \bar{p} \\ ÜKL &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \end{aligned} \quad (1)$$

Eşitlikler (1) ve (2) de yer alan  $\bar{p}$ ,  $\bar{n}$  ve standartlaştırılmış kontrol grafikleri yaklaşımında örneklem verilerinin yayılımı için kullanılan  $Z_i$  istatistiklerinin hesaplanmasına ilişkin formüller de aşağıda yer almaktadır.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (3)$$

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{N} \quad (4)$$

$$Z_i = \frac{\hat{p}_i - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n_i}}} \quad (5)$$

Yukarıda yer alan eşitliklerdeki  $\bar{p}$  kusurlu oranı ortalamasını,  $\bar{n}$  örneklem büyüklüklerinin ortalamasını,  $D_i$  i'nci örnekleme ait kusurlu sayısını ve  $\hat{p}_i$  i'nci örnekleme ait kusurlu oranını göstermektedir.

## 5. Fazi Kontrol Grafikleri

Fazi mantık kısaca, doğal diller üzerinde ortak bir çıkarım yapma veya sağduyuyu temsil etme yöntemi olarak tanımlanabilir. Fazi mantık, klasik küme teorisindeki var-yok, kümeye ait-ait değil şeklindeki ikili mantıktan ziyade daha açık bir şekilde sınırlandırmaya ve ara değerleri de işleme dahil etmede elverişli olan bir yaklaşımdır. Fazi küme teorisinde, herhangi bir elemanın bir kümeye aidiyeti üyelik fonksiyonları vasıtasıyla hesaplanan aidiyet derecelerinin belirlenmesi temellidir. Kalite alanındaki çalışmalarda da bu temel kullanılmaktadır. Fazi mantığın en önemli özelliği var yok gibi iki uç değer yerine var ile yok arasındaki ara seviyeleri de örneğin; 0,8 derece var veya 0,2 derece yok şeklinde dikkate alabilmesidir (Rowlands ve Wang, 2000).

Kalite kontrolde, nitel türdeki kalite özelliklerini kontrol etmek için genellikle p-kontrol grafikleri kullanılmaktadır. Ancak p-kontrol grafiklerinde ele alınan uygun/uygun değil veya kaliteli/kalitesiz şeklindeki durumlar bazen yeterli sınıflandırmalara imkân vermemektedir. Bunun nedeni, bu tür durumlar için değişimlerin birden olmaması ve ürün kalitesindeki değişimlerin ara değerlere uğrayabilmesi olarak düşünülmektedir. Yani kaliteli ve kalitesiz arasındaki değişimin aniden olmadığı, bunun yerine bu değişimin zamanla gerçekleşip kaliteliden kalitesizliğe doğru ara geçiş seviyelerinin olduğunu söylemek mümkündür. Bu ara seviyeler, ürünün spesifikasyonları karşılayamama derecesine göre “mükemmel”, “iyi”, “orta”, “zayıf”, “kötü” gibi dilsel terimler ile ifade edilebilmektedir (Fernandez, 2017). Fazi yaklaşımı, veriler dilsel, kategorik, belirsiz ya da kişilerin öznel yargılarına bağlı olduklarında p, np, c ve u kontrol grafikleri için uygundur.

Fazi mantık ya da fazi yaklaşımın en önemli farkı, belirlenen üyelik fonksiyonları ile ele alınan özelliklerin bu özellikler için oluşturulan kümeye aidiyetlerinin derecelendirilmesidir. Bu derecelendirmeler birçok farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Matematiksel yöntemler, istatistiksel teknikler, olasılık teorisi yaklaşımı vb. yaklaşımlar kullanılarak belirlenen üyelik fonksiyonlarının yanı sıra sezgisel olarak belirlenen üyelik dereceleri de sık başvurulan bir yöntemdir. Bu yöntemlerden sezgiyle üyelik ataması yöntemi basit olarak, insanların doğuştan veya sonradan edindikleri tecrübeleri, duygu ve düşünceleri ile üyelik fonksiyonlarını ataması işlemidir. Dahası bu yöntemde, dilsel doğruluk değerleri de kullanılabilir (Armutlulu, 2014). Atanassov vd. (2010), fazi kümelerinde sezgisel olarak üyelik fonksiyonunun belirlenmesinde, kümeye aidiyet ve ait olmama şeklinde iki boyutlu olarak uzmanların görüşlerinin alınıp değerlendirme yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Fazi kalite kontrol grafiklerinin oluşturulması ile ilgili çok fazla teknikler ileri sürülmüştür. Bu tekniklerin içerisinde en çok uygulama alanı bulanlar arasında Wang ve Raz (1990) tarafından öne sürülen yaklaşımlar yer almaktadır. Wang ve Raz, ürün kalitesini yansıtan dilsel terimlerin belirlenmesi ve bu terimlere üyelik fonksiyonları atanmasını benimsemişlerdir. Ardından da iki farklı yaklaşım ile kontrol limitlerinin oluşturulması üzerine yoğunlaşmışlar ve fazi kontrol grafiklerinin elde edilmesini sağlamışlardır. Ürün kalitesi değerlendirilirken {mükemmel, iyi, orta, zayıf, kötü} şeklinde dilsel terimlerin kullanılması durumunda, “0” en iyi kaliteyi ve “1” en kötü kaliteyi göstermek üzere her bir dilsel terim için aşağıdaki üyelik fonksiyonlarını öne sürmüşlerdir.

$$\mu_{\text{Dilsel Terim}}(x) = \begin{cases} \mu_{\text{mükemmel}}(x) = \begin{cases} 1 - 4x, & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 0, & x \geq 0,25 \end{cases} \\ \mu_{\text{iyi}}(x) = \begin{cases} 4x, & 0 \leq x \leq 0,25 \\ 2 - x, & 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ 0, & x \geq 0,5 \end{cases} \\ \mu_{\text{orta}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,25; x \geq 0,75 \\ 4x - 1, & 0,25 \leq x \leq 0,5 \\ 3 - 4x, & 0,5 \leq x \leq 0,75 \end{cases} \\ \mu_{\text{zayıf}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,50 \\ 4x - 2, & 0,50 \leq x \leq 0,75 \\ 4 - 4x, & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases} \\ \mu_{\text{kötü}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,75 \\ 4x - 3, & 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases} \end{cases} \quad (6)$$

Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinin ardından kontrol grafiğinin merkez çizgisinin hesaplanması kısmına geçilmektedir. Bu çizginin hesaplanmasına ilişkin eşitlikler de aşağıda gösterilmektedir.

$$M\check{C} = \bar{M}_j = \frac{\sum_{j=1}^m M_j}{m} \quad (7)$$

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^m k_{ij} r_i}{n_j} \quad i = 1, 2, \dots \quad (8)$$

Merkez çizginin hesaplanmasında kullanılan  $\mathbf{r}_i$ , dilsel terimin fazi küme içerisindeki temsil değerini,  $\mathbf{k}_{ij}$ , j'nci örnek için dilsel terim i ile vasıflandırılmış ürünün sayısını,  $\mathbf{n}_j$ , j'nci örneğin örnek büyüklüğünü ve  $\mathbf{M}_j$  ise j'nci örneklem grubundaki temsil değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir.

Fazi kontrol grafiklerine ait alt ve üst limitlerin hesaplanması için olasılık hesaplamalarına dayalı kontrol limitleri ve üyelik fonksiyonlarına dayalı kontrol limitleri olmak üzere iki yaklaşım öne sürmüşlerdir. Bu yaklaşımlardan olasılık hesaplamalarına dayalı kontrol limitleri aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$SD_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^t k_{ij} (r_i - M_j)^2} \quad (9)$$

Eşitlik (9) da yer alan  $\mathbf{SD}_j$ , j'nci örneklem grubundaki temsil değerleri için standart sapmayı;  $\mathbf{n}$ , toplam örneklem büyüklüğünü ve  $\mathbf{t}$  ise dilsel terim kümesindeki terimlerin sayısını ifade etmektedir. Toplam

m adet alt örneklem grubunun standart sapmalarının ortalamasını gösteren MSD'nin formülü de Eşitlik (10) da gösterilmektedir.

$$MSD = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m SD_j \quad (10)$$

Örneklem büyüklüğü olan n'in 25'den büyük olması halinde nicel kontrol grafiklerinden  $\bar{X}$  kontrol grafiğinde ele alınan yaklaşımla kontrol limitleri türetilmektedir. Grafikte yer alacak olan noktalar temsil değerlerinin örneklem ortalamaları olduğundan, bu noktalar [0, 1] aralığında yayılım göstereceklerdir. Dolayısıyla, alt ve üst kontrol limitleri aşağıda belirtilen Eşitlik (11) yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Olasılığa Dayalı AKL} &= \text{Mak}\{0; (CL - A_3MSD)\} \\ \text{Olasılığa Dayalı ÜKL} &= \text{Min}\{1; (CL + A_3MSD)\} \end{aligned} \quad (11)$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} \quad c_4 = \sqrt{\frac{2}{n-1} \frac{\left(\frac{n-2}{2}\right)!}{\left(\frac{n-3}{2}\right)!}} \quad (12)$$

Üyelik fonksiyonlarına dayalı kontrol limitleri yaklaşımında, genel adından da anlaşılacağı üzere, üyelik fonksiyonları kullanılarak kontrol limitlerinin hesaplanması esasına göre değerler ortaya çıkmaktadır. Bu yaklaşımdaki hesaplamalar da aşağıda Eşitlik (13) ile Eşitlik (15) arasında özetlenen işlemler ile yapılabilmektedir. Konveks bir fazi kümesinde  $\mathbf{x}_m$ , fazi kümeye ait üyelik fonksiyonunun mod veya yayılım aralığını göstermek üzere  $\mathbf{x}_m$ 'in sol tarafı  $\mathbf{x}_l(\alpha)$  ve sağ tarafı da  $\mathbf{x}_r(\alpha)$  olacak şekilde iki parçadan oluşmaktadır. Sol taraftaki parçayı ifade eden  $\mathbf{x}_l(\alpha)$ , temel değişken x'in  $\alpha$  seviyesindeki en küçük değerini ve sağ taraftaki parçayı ifade eden  $\mathbf{x}_r(\alpha)$ , temel değişken x'in  $\alpha$  seviyesindeki en büyük değerini göstermektedir. Buna göre, ortalama sapmayı ifade eden  $\delta$  aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\delta = \delta_l + \delta_r \text{ olmak üzere; } \delta_l = \int_{\alpha=0}^1 [x_m - x_l(\alpha)] d\alpha \quad (13)$$

$$\delta_r = \int_{\alpha=0}^1 [x_r(\alpha) - x_m] d\alpha$$

$$\delta = \int_{\alpha=0}^1 [x_m - x_l(\alpha)] d\alpha + \int_{\alpha=0}^1 [x_r(\alpha) - x_m] d\alpha = \int_{\alpha=0}^1 [x_r(\alpha) - x_l(\alpha)] d\alpha \quad (14)$$

Eşitlik (13) ve (14) de yer alan  $\alpha$  değeri temel değişken  $x$ 'in üyelik değerini göstermektedir. Sonuç olarak, hesaplanan ortalama sapma ve ortalama sapma sayısı  $k$  değeri ile kontrol limitleri aşağıda verilen eşitlik ile elde edilebilir.

$$\begin{aligned} \text{Üyelik } AKL &= \text{Max}\{0, (M\check{C} - k\delta)\} \\ \text{Üyelik } \check{ÜKL} &= \text{Max}\{0, (M\check{C} + k\delta)\} \end{aligned} \quad (15)$$

Fazi kontrol grafiklerindeki bir diğer yaklaşıma göre,  $\alpha$ -kesitler yardımıyla hesaplamalar yapılabilmektedir. Her bir örnek için ortalama  $M_j$  olmak üzere,

$$L_j(\alpha) = M_j\alpha \quad (16)$$

$$R_j(\alpha) = 1 - [(1 - M_j)\alpha] \quad (17)$$

şeklinde  $\alpha$ -kesitleri yardımıyla LR fazi sayıları hesaplanır. Kontrol limitleri ise,

$$\text{Kontrol Limitleri}(\alpha) = \begin{cases} \left\{ \begin{array}{l} M\check{C}^L = \bar{M}\alpha \\ AKL^L = \text{mak} \left\{ M\check{C}^L - 3 \sqrt{\frac{M\check{C}^L(1 - M\check{C}^L)}{\bar{n}}}; 0 \right\} \\ \check{ÜKL}^L = \text{min} \left\{ CL^L + 3 \sqrt{\frac{M\check{C}^L(1 - M\check{C}^L)}{\bar{n}}}; 1 \right\} \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} M\check{C}^R = 1 - [(1 - \bar{M}\alpha)\alpha] \\ AKL^R = \text{mak} \left\{ M\check{C}^R - 3 \sqrt{\frac{M\check{C}^R(1 - M\check{C}^R)}{\bar{n}}}; 0 \right\} \\ \check{ÜKL}^R = \text{min} \left\{ M\check{C}^R + 3 \sqrt{\frac{M\check{C}^R(1 - M\check{C}^R)}{\bar{n}}}; 1 \right\} \end{array} \right\} \end{cases} \quad (18)$$

formülleri yardımıyla hesaplanır. Klasik kontrol grafikleri ile fazi kontrol grafikleri karşılaştırıldığında, kalite karakteristiklerinin sayısı, kontrol sürecinin ardından alınabilecek kararlar, avantajlar ve dezavantajlar açısından farklılıklar aşağıdaki Tablo 1'de özetlenmiştir.



**Tablo 1:** Klasik Kontrol Grafikleri ile Fazi Kontrol Grafiklerinin Karşılaştırılması

Kriter	Klasik Kontrol Grafikleri	Fazi Kontrol Grafikleri
<b>Ele Alınan Kalite Karakteristiklerinin Sayısı</b>	Aynı anda sadece 1 tane kalite karakteristiği ele alınabilir.	Aynı anda 1'den fazla kalite karakteristiği ele alınabilir.
<b>Kontrol Periyodu</b>	Veriler tarihsel periyodlarda toplanır.	Veriler uzmanların ya da karar vericilerin deneyimlerine göre belirlenen periyodlarda toplanır.
<b>Süreç İçin Verilen Karar</b>	"Süreç kontrol altında" veya "süreç kontrol dışında" şeklinde karar söz konusudur.	Mevcut durumdaki süreç bilgisi ve süreç kontrol altında veya değil şeklinde karar söz konusudur.
<b>Avantajları</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tek bir kalite karakteristiğinin karşılanması durumunda oldukça basittir.</li> <li>2. Çok daha yansız sonuçlar sunmaktadır.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uzmanların deneyimleri üzerinden süreç için daha doğru ve tam kontrol standartları sağlar.</li> <li>2. Kontrol grafiklerinde fazi çıkarım kurallarının tanımlanması için daha esnekler.</li> </ol>
<b>Dezavantajları</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kontrol limitleri esnek değildir.</li> <li>2. Örneklem büyüklüğü kontrol limitlerinin genişliğini etkiler.</li> <li>3. Usulüne uygun kontrol limitlerinin belirlenmesi için tarihsel verilerin doğrulanmış olması gerekir.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Çıkarımlar öznel deneyim kuralları üzerinden gerçekleşir.</li> <li>2. Geleneksel kontrol grafiklerinin sistematik değişiklikler için tamamlayıcı kuralları kullanılamaz.</li> </ol>

Kaynak: Gülbay vd., 2004

## 6. Veri Seti ve Araştırma Metodolojisi

Çalışmada, p-kontrol grafikleri temel alınarak klasik kontrol grafikleri ile fazi kontrol grafiklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amacın belirlenmesinde, literatürde daha önce yapılan çalışmaların özetlendiği Nasiri ve Darestani (2016) ve Sabegh vd. (2014) tarafından yapılan farklı çalışmalarda, p ve np kontrol grafikleri ile fazi teorisinin birleştirildiği çalışma sayısının az olduğunun belirtilmesidir. Nasiri ve Darestani (2016), 1990 ve 2012 yılları arasında kontrol grafiklerinde fazi teorisinin uygulanması ile ilgili yapılan toplam 57 adet çalışmayı özetlemişlerdir. Buna göre, ilgili yıllarda yapılan çalışmaların sadece %13'ünün p-kontrol grafikleri ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Aynı şekilde Sabegh vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada ise diğer çalışmadan farklı olarak 1983 ile 2014 yılları arasında kontrol grafiklerinde fazi teorisinin uygulanması ile ilgili yapılan çok daha fazla sayıda çalışma incelenmiştir. Bu çalışmaya göre de 1983 ile 2014 yılları arasında ilgili konuda yapılan çalışmaların tüm çalışmaların %12,6'sını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında, 2014 sonrasında yapılan çalışmalar incelendiğinde de p-kontrol grafikleri ile fazi teorisinin birleştirildiği çalışma sayısının az olduğu görülmüştür. Tüm bu çalışmalar temelinde, p-kontrol kartları üzerine uygulama yapılması amaçlanmıştır.

Fazi mantık teorisi kapsamında sözel ifadelerin matematiksel işlemlere dönüştürülebilmesi nedeniyle kusurlu/kusursuz şeklinde ifadelerin yer aldığı p-kontrol grafikleri tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında np kontrol grafiklerinin temel varsayımlarından olan verilerin binom dağılımına uygun olması varsayımı dikkate alınmış ve Gülbay vd. (2004)'nin çalışmalarında kullanmış oldukları kusurlu oranları baz alınarak simülasyon tekniği yardımıyla dört kategorili

(0,0 kusursuz; 0,25 kusurlu; 0,5 kusurlu; 1,0 kusurlu) toplam 30 örneklem grubu ve 6062 adet veri türetilmiştir. Ayrıca, simülasyon tekniği ile veriler türetilirken p-kontrol grafiklerinin binom dağılım göstermesi gerekliliğine uygunluğu gibi, değişken örneklem büyüklükleri de dikkate alınarak elde edilmiştir. Elde edilen veriler, öncelikle değişken örneklem büyüklüklerinin olması durumunda ki klasik p-kontrol grafiklerine ait üç farklı yaklaşımla oluşturulmuştur. Klasik p-kontrol grafiklerinin oluşturulmasında, veriler kusurlu ve kusursuz şeklinde (yani hangi derecede olursa olsun kusurlu olarak kabul edilmiştir) ayrılmış, tüm hesaplamalar bu şekilde yapıldıktan sonra p-kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Ardından dilsel değişkenler için fazi kontrol grafikleri Wang ve Raz tarafından öne sürülen sezgisel üyelik atama yöntemi ile kusurlu ürünlerin üyelikleri belirlenmiş ve kontrol limitleri öne sürülen iki farklı yöntem ile belirlenerek fazi kontrol grafikleri çizilmiştir. Bunlarla birlikte ayrıca  $\alpha$ -kesit yöntemi kullanılarak da fazi kontrol grafikleri oluşturulmuş ve kusur dereceleri dikkate alınarak toplam üç farklı fazi kontrol grafiği elde edilmiştir. Son olarak da her iki yöntemle de oluşturulmuş olan kontrol grafikleri karşılaştırılmış ve yorumlamalar yapılmıştır.

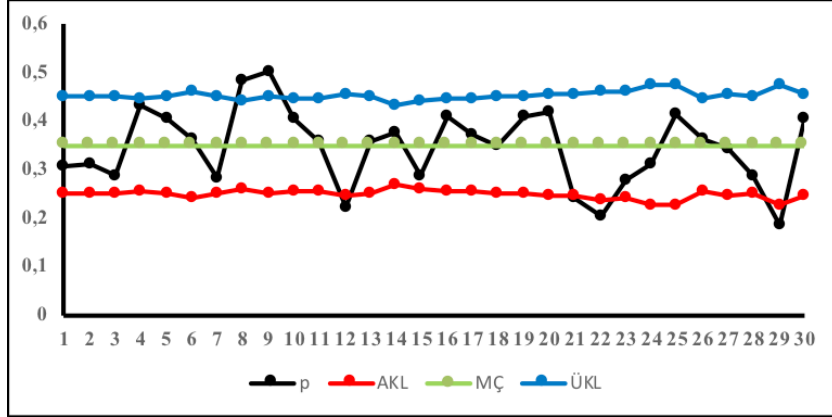
Analizler de kullanılmak üzere oluşturulan simülasyon verileri Tablo 2'de gösterilmiştir. Simülasyon tekniği uygularken dikkat edilen ilk nokta, p-kontrol grafiklerinin temel varsayımı olan, verilerin binom dağılımına uygun olması gerekliliği dikkate alınmış ve bu varsayımına göre veriler üretilmiştir. Örnekleme göre, kusursuz olanlar Standart (S), ürün kullanımını etkilemeyen küçük kusurlu örnekler için ikinci kalite (K1), ürün kullanımını etkilemeyen kusurlu ürünler için üçüncü kalite (K2) ve tamamen kullanılmaz halde olan kusurlu ürünler (K3) olmak üzere 4 tip şeklinde kodlanmıştır.

**Tablo 2:** Analizlerde Kullanılmak Üzere Türetilen Simülasyon Verileri

Örnek	Standart	K1	K2	K3	Toplam	Örnek	Standart	K1	K2	K3	Toplam
1	193	61	16	7	277	16	84	40	16	2	142
2	110	39	7	4	160	17	104	52	7	2	166
3	187	46	21	8	262	18	97	34	11	6	149
4	87	47	13	7	153	19	119	51	22	10	202
5	121	58	14	9	203	20	167	64	43	14	288
6	158	66	13	11	248	21	180	40	11	5	237
7	214	39	31	13	297	22	151	25	3	9	189
8	139	47	49	33	268	23	159	36	14	10	219
9	78	60	15	2	156	24	131	33	23	3	190
10	87	41	15	3	146	25	147	53	35	14	249
11	144	58	16	6	224	26	166	66	14	14	261
12	155	32	6	6	200	27	156	45	23	13	237
13	176	66	21	10	274	28	163	41	17	7	228
14	115	51	14	4	184	29	114	15	9	1	140
15	172	50	10	8	241	30	154	51	38	15	259

## 7. Bulgular

Simülasyon tekniği kullanılarak türetilen veriler ışığında, elde edilen klasik p-kontrol grafikleri aşağıda gösterilmiştir. Örneklem büyüklükleri, her bir örneklem grubunda farklı olduğundan üç farklı yaklaşıma göre grafikler oluşturulmuştur.

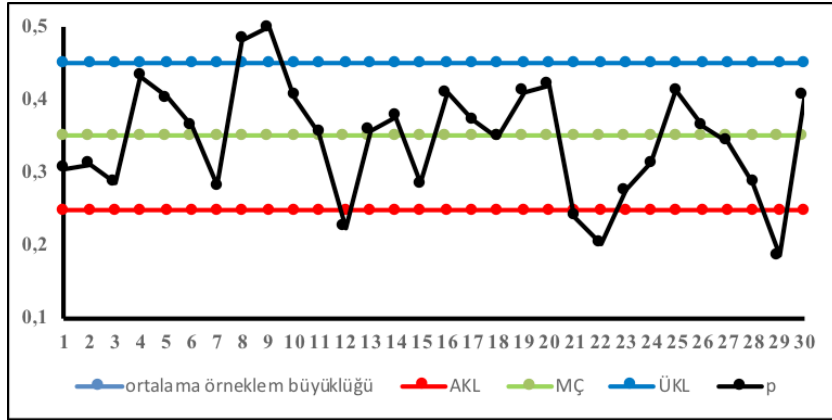


Şekil 1: Değişken Genişliğe Sahip Kontrol Limitleri Yaklaşımıyla Oluşturulan

### Klasik p-kontrol Grafiği

Değişken aralığa sahip kontrol limitleri yaklaşımıyla oluşturulan klasik p-kontrol grafiği incelendiğinde, 8 ve 9 no'lu gözlemlerin tamamen üst limitin üzerine çıktığı görülmektedir. Ayrıca, özellikle 4 no'lu gözlem başta olmak üzere bazı gözlemlerin de üst kontrol limitlerine yaklaştığı ifade edilebilir. Alt kontrol limitlerinin dışında yer alan 12, 22 ve 29 no'lu gözlemler için p-kontrol grafiklerinde alt limitin altına düşen değerler kusurlu ürün kabul etme oranının da altına düşmesi anlamına geldiğinden sorun olarak ele alınmamaktadır.

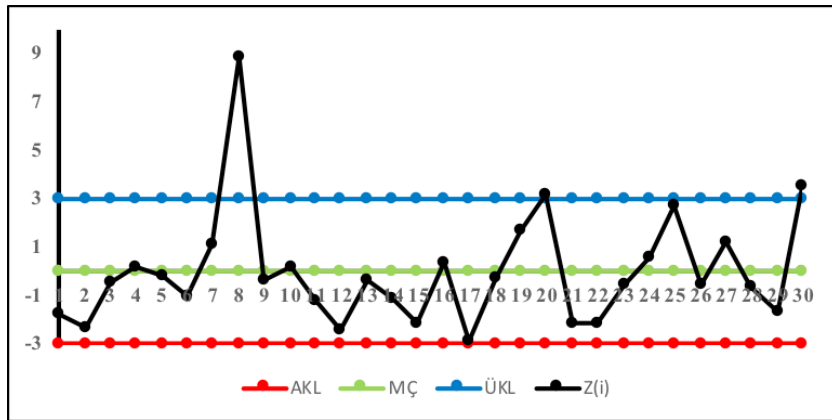
Şekil 2'de, ortalama örnek büyüklüğüne dayalı kontrol limitleri yaklaşımıyla oluşturulan klasik p-kontrol grafiği görülmektedir. Grafik incelendiğinde, tıpkı değişken aralığa sahip kontrol limitleri yaklaşımıyla oluşturulan klasik p-kontrol grafiğinde olduğu gibi, 8 ve 9 no'lu gözlemler tamamen üst limitin üzerine çıkmış, bununla birlikte özellikle 4 no'lu gözlem başta olmak üzere bazı gözlemler üst kontrol limitlerine yaklaşmıştır. Yine değişken aralığa sahip kontrol limitleri yaklaşımıyla oluşturulan klasik p-kontrol grafiğinde olduğu gibi, alt kontrol limitlerinin altına düşen 12, 22 ve 29 no'lu gözlemler için p-kontrol grafiklerinde alt limitin dışında kalan değerler kusurlu ürün kabul etme oranının da altına düşmesi anlamına geldiğinden sorun olarak ele alınmamaktadır.



Şekil 2: Ortalama Örnek Büyüklüğüne Dayalı Kontrol Limitleri

### Yaklaşımıyla Oluşturulan Klasik p-kontrol Grafiği

Örneklem büyüklüğünün değişken olması durumunda, nitel gözlemler için oluşturulan p-kontrol grafiklerindeki standartlaştırılmış kontrol grafikleri yaklaşımıyla oluşturulan grafik Şekil 3'de sunulmuştur. Grafik incelendiğinde, 8 no'lu gözlem üst kontrol limitini yaklaşık 3 kat aşmıştır. Bunun yanı sıra diğer iki yaklaşım kullanılarak oluşturulan p-kontrol grafiklerinde kontrol altında olan 30 no'lu gözlem standartlaştırılmış, kontrol grafikleri yaklaşımıyla oluşturulan grafikte kontrol dışında sinyal vermiştir. Yine, önceki iki yaklaşımda kontrol limitleri dâhilinde olan 20 no'lu gözlem de üst kontrol limiti üzerinde konumlanmıştır. Önceki iki yaklaşıma ait p-kontrol grafiğinde, kontrol dışında sinyal veren 9 no'lu gözlem ise standartlaştırılmış kontrol grafikleri yaklaşımında, kontrol limitleri arasında kalmış ve merkez çizginin oldukça yakınında yer almıştır.



Şekil 3: Standartlaştırılmış Kontrol Grafikleri Yaklaşımıyla

### Olusturulan Klasik p-kontrol Grafiği

Fazi kontrol grafiklerinin oluşturulmasında ise ilk yaklaşım olan sezgiyle üyelik atamasında, dilsel ifadelere sezgisel yöntemle olabilirlik değerleri atanır. Bu olabilirlik değerleri, standart (S), ikinci kalite (K1), üçüncü kalite (K2) ve kusurlu ürünler (K3) için sırasıyla, 0; 0,25; 0,50 ve 1 üyelik değerleri atanmıştır. Eşitlik (6) temel alınarak belirlenen üyelik fonksiyonları aşağdaki gibidir:

$$\mu_S(x) = \begin{cases} -x + 1, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & d.d \end{cases}$$

$$\mu_{K1}(x) = \begin{cases} 4x, & 0 \leq x \leq 1/4 \\ -\frac{4}{3}x + \frac{4}{3}, & \frac{1}{4} \leq x \leq 1 \\ 0, & d.d \end{cases}$$

$$\mu_{K2}(x) = \begin{cases} 2x, & 0 \leq x \leq 1/2 \\ 2 - 2x, & \frac{1}{2} \leq x \leq 1 \\ 0, & d.d \end{cases}$$

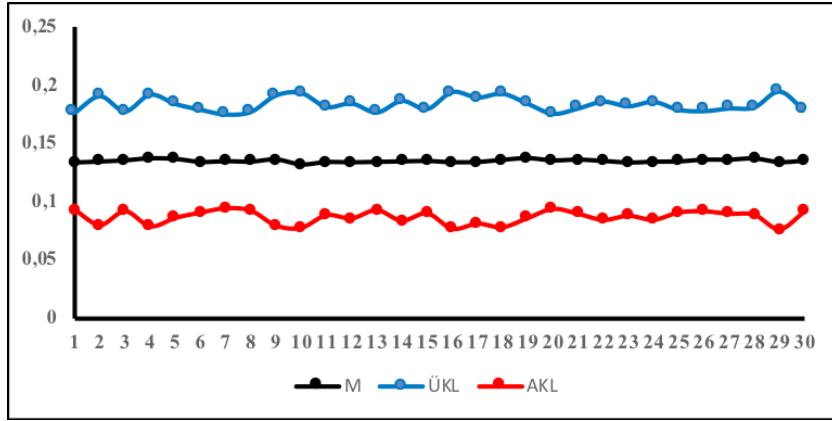
$$\mu_{K3}(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & d.d \end{cases}$$

Yukarıda belirlenen üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçekteşirilen atamalar ile 30 örneğe ait, ortalama, standart sapma, üst ve alt kontrol limitleri hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 3'de gösterilmiştir.

**Tablo 3:** Sezgiyle Üyelik Fonksiyonu Yaklaşımına Göre Hesaplanan Değerler

Örneklem	Mj	SDj	ÜKL	AKL	Örneklem	Mj	SDj	ÜKL	AKL
1	0,134	0,23	0,177	0,093	16	0,134	0,23	0,194	0,076
2	0,134	0,23	0,190	0,080	17	0,134	0,23	0,189	0,081
3	0,135	0,23	0,178	0,092	18	0,136	0,24	0,192	0,078
4	0,137	0,24	0,191	0,078	19	0,137	0,24	0,184	0,086
5	0,137	0,24	0,184	0,086	20	0,135	0,23	0,176	0,094
6	0,134	0,23	0,179	0,091	21	0,136	0,23	0,180	0,090
7	0,135	0,23	0,175	0,094	22	0,135	0,23	0,186	0,084
8	0,134	0,23	0,178	0,092	23	0,134	0,23	0,182	0,088
9	0,136	0,23	0,191	0,079	24	0,134	0,23	0,186	0,084
10	0,132	0,23	0,193	0,077	25	0,135	0,23	0,179	0,091
11	0,134	0,23	0,182	0,088	26	0,136	0,23	0,178	0,092
12	0,134	0,23	0,184	0,086	27	0,136	0,23	0,180	0,090
13	0,134	0,23	0,177	0,093	28	0,137	0,24	0,181	0,089
14	0,135	0,23	0,186	0,083	29	0,134	0,23	0,194	0,076
15	0,135	0,23	0,180	0,090	30	0,135	0,23	0,178	0,092

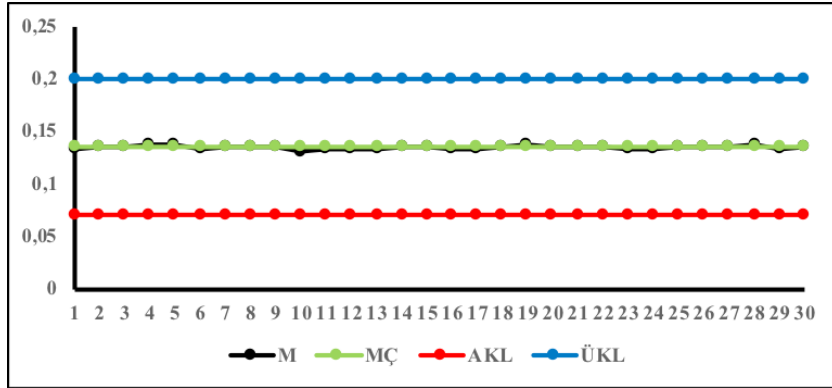
Oluşturulan tabloya göre, fazi kontrol grafiği ise Şekil 4'de gösterilmiştir. Bu grafiğe bakarak sürecin kontrol altında olduğu söylenebilir.



Şekil 4: Sezgisel Üyelik Atama Yöntemi ile Oluşturulan Fazi Kontrol

### Grafiği (Kontrol Limitlerinin Olasılığa Dayalı Hesaplanması)

İkinci yaklaşım olarak fazi, olasılık yaklaşımı ele alınmış ve merkez çizgi 0,135, alt kontrol limiti 0,07 ve üst kontrol limiti 0,20 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, fazi kontrol grafiği Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5: Sezgisel Üyelik Atama Yöntemi ile Oluşturulan Fazi Kontrol Grafiği

### (Kontrol Limitlerinin Üyelik Fonksiyonuna Dayalı Hesaplanması)

Son olarak, oluşturulan  $\alpha$ -kesit yaklaşımına göre kontrol grafikleri için, oluşturulmuş olan her bir örneklem grubuna ait  $\alpha$ -kesit değerleri hesaplanmış ve aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

**Tablo 4:**  $\alpha$ -Kesit Yöntemine Göre Oluşturulan Kontrol Grafikleri İçin Hesaplanan Değerler

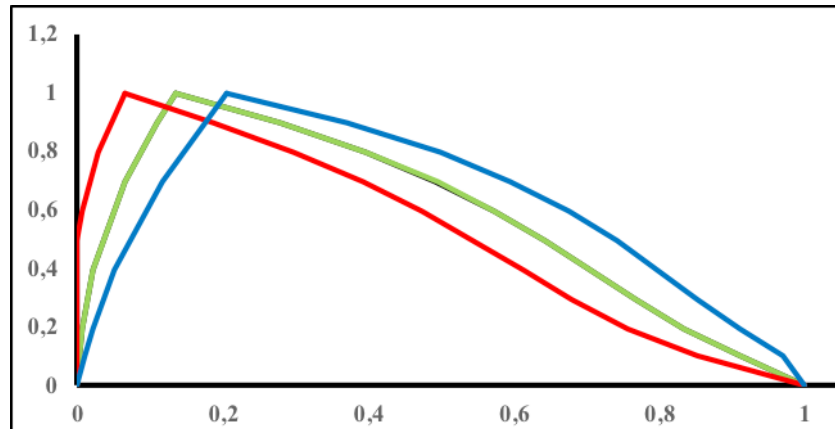
	S		K1		K2		K3	
$\alpha$	0	$1-\alpha$	$\alpha/4$	$(4/3-\alpha)*3/4$	$a/2$	$(2-\alpha)/2$	$\alpha$	1
0	0	1	0	1	0	1	0	1
0,1	0	0,9	0,025	0,925	0,05	0,95	0,1	1
0,2	0	0,8	0,05	0,85	0,1	0,9	0,2	1
0,3	0	0,7	0,075	0,775	0,15	0,85	0,3	1
0,4	0	0,6	0,1	0,7	0,2	0,8	0,4	1
0,5	0	0,5	0,125	0,625	0,25	0,75	0,5	1
0,6	0	0,4	0,15	0,55	0,3	0,7	0,6	1
0,7	0	0,3	0,175	0,475	0,35	0,65	0,7	1
0,8	0	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,8	1
0,9	0	0,1	0,225	0,325	0,45	0,55	0,9	1
1	0	0	0,25	0,25	0,5	0,5	1	1

Tablo 4'de sunulan  $\alpha$ -kesit değerlerine göre tüm örneklem grupları için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmaktadır. Örneğin, 8. örneklem grubuna ait hesaplama sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

**Tablo 5:** 8 No'lu Örneklem Grubu İçin Hesaplanan  $\alpha$ -Kesit Değerleri

M (8)		M (8)		M (8)	
Ma	$1-(1-Ma)a$	Ma	$1-(1-Ma)a$	Ma	$1-(1-Ma)a$
0,00	1,00	0,02	0,70	0,09	0,40
0,00	0,91	0,03	0,64	0,11	0,28
0,01	0,83	0,05	0,57	0,13	0,13
0,01	0,77	0,07	0,49		

Hesaplamalar sonucunda oluşan üçgensel fazi sayılarına göre, sürecin kontrol altında olduğu görülmüştür. Yukarıda ayrıntılı olarak ele alınan 8 no'lu alt örneklem grubuna ait değerlerin her  $\alpha$  kesiti için alt ve üst kontrol limitleri arasında kaldığı görülmektedir.



**Şekil 6:** 8 No'lu Alt Örneklem İçin  $\alpha$ -Kesitler Yöntemi ile

## Oluşturulan Fazi Kontrol Grafiği

Fazi kontrol kartları için ele alınan üç yaklaşıma göre de klasik p-kontrol grafiklerinden elde edilen sonuçların aksine sürecin kontrol altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

### 8. Sonuç

Örnek hacminin değişken olması halinde, nitel kontrol grafiklerinden p-kontrol grafiğine ait üç farklı yaklaşım ile oluşturulan kontrol grafikleri bulguları ile aynı verilerden elde edilen fazi kontrol grafiklerine ait sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

- Değişken aralığa sahip kontrol limitleri yaklaşımına göre oluşturulan klasik p-kontrol grafiğinde, 8 ve 9 no'lu gözlemler üst kontrol limitlerinin dışında sinyal verirken 4, 12, 22 ve 29 no'lu gözlemler ise alt kontrol limitlerinin altında yer almıştır.
- Ortalama örneklem ortalaması yaklaşımı ile oluşturulan klasik p-kontrol grafiğinde, 8 ve 9 no'lu gözlemler üst kontrol limitleri dışında yer alırken 12, 22 ve 29 no'lu gözlemler ise alt kontrol limitlerinin altına düşmüşlerdir.
- Standartlaştırılmış kontrol grafikleri yaklaşımı ile oluşturulan klasik p-kontrol grafiklerinde, 8 ve 30 no'lu gözlemler üst kontrol limitinin üzerinde sinyal verirken alt kontrol limitlerinin altında herhangi bir gözlem bulunmamıştır.
- Fazi kontrol grafikleri ile oluşturulan üç yaklaşıma göre de kontrol limitlerini aşan bir gözleme rastlanmamıştır.
- Klasik p-kontrol grafiklerinde gözlemler dalgalı bir grafik çizerken fazi kontrol grafiklerinde ise merkez çizgi etrafında normal dalgalanmalar ortaya çıkmıştır.

Yukarıda kısaca özetlenen farklılıkların ortaya çıkmasındaki temel sebep, fazi kontrol grafiklerinin dilsel olarak kusurlu/kusursuz gibi ayrımlarda, kusurlu ile kusursuz arasındaki ara seviyeleri de kullandığı için, çok daha hassas ölçümler yapabilmesidir. Çalışmada ele alınan verilerde, fazi kontrol grafikleri oluşturulurken kusurlu ürünler 0,25; 0,50 ve 1 derece kusurlu olarak ayrılmış ve buna göre işlemler yapılmıştır. Klasik p-kontrol grafiklerinde ise kusurlu dereceleri hesaba katılmamış ve hangi derecede kusurlu olursa olsun “kusurlu” olarak ele alınmıştır. Bu nedenle de kusurlu oranı p-kontrol grafiklerinde oldukça yüksek bir değere ulaşmış ve sürecin kontrol dışında sinyal vermesine sebep olmuştur.

Elde edilen bulgular göz önüne alındığında, klasik p-kontrol grafikleri sürecin kontrol dışında olduğuna dair sinyal vermiştir. Bu durum da işletmenin derhal sürece müdahale etmesi ve süreci kontrol altına iten sebepleri ortaya çıkarması gerekecektir. Sürece etki eden özel sebebi bulmak için işletmenin gerekirse süreci tamamen durdurma kararı alması kaçınılmaz bir durum haline gelecektir. Dolayısıyla, işletme için hem zaman hem maliyet kaybı olacağı gibi aynı zamanda da uzun vade de işletme, pazarda var olamama nedeniyle güven kaybına sebep olabilecektir.



Fazi kontrol grafikleri ile oluşturulan grafikler ise genel olarak daha hassas sonuçlar sunabilmektedir. Ele alınan veriler ışığında, klasik p-kontrol grafiklerindeki kontrol dışı durumun aksine fazi kontrol grafikleri sürecin kontrol altında olduğu ve herhangi bir müdahaleye gerek olmadığı şeklinde bulgular sunmuştur. İşletmeler için herhangi bir sürecin kontrol dışında olması halinde, sürece müdahale edilmesi hayati bir önem taşıdığı gibi, gereksiz yere sürece müdahale edilmesinden kaynaklanan zaman ve maliyet kaybı yaşanmaması da bir o kadar hayati önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, literatürde yer alan, özellikle Amirzadeh ve arkadaşları(2009), Aslangiray ve Akyüz (2014) ve Gülbay vd. (2004) çalışmalarındaki sonuçlara yakın sonuçlar elde edilmiştir. Genellikle, klasik kontrol grafiklerinde “kontrol içinde” olarak görülen süreçlerin fazi kontrol grafikleri ile “kontrol dışında” oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda, bu durumun tersi olarak klasik kontrol grafiklerinde “kontrol dışında” olarak görülen süreçlerin fazi kontrol grafikleri ile “kontrol içinde” şeklinde bulgular elde edilmiştir. Her iki durum da fazi kontrol grafiklerinin daha hassas ölçümler yaptığı hipotezini desteklemektedir. Bu sonuçla birlikte, fazi kontrol grafiklerinin tıpkı klasik kontrol grafiklerinde “kontrol içinde” olan bir süreci devam ettirerek işletmenin uzun vadede kalitesizlik maliyetlerinin artmasını engellemesi gibi kontrol grafiklerinde “kontrol dışında” olan bir süreci iyileştirme yoluna giderek maliyet ve zaman kaybını da engelleyebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Klasik kontrol grafiklerinde sürecin kontrol edilmesi esnasında tolerans sınırlarının genişletilmesi ya da daraltılması ile çözüm hassasiyeti esnetilmekte ya da daraltılmaktadır. Ancak bu durum, elde edilen sonuçların yanlış olmasına yol açabilmektedir. Fazi kontrol grafiklerinin ele alınması, bu yanlışlığı ortadan kaldırılabilmesi için önemli bir adım olarak düşünülebilir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar kapsamında, p-kontrol grafiklerine ilişkin olarak az sayıda çalışmanın yanında, gözlem verilerinin binom dağılımına uygun olduğu durumlarda, hem daha sonraki çalışmalara hem de ilgililere yol gösterici olabileceği düşünülmektedir. Kalite ölçümünün, tüketiciler tarafından dilsel bir şekilde ifade edildiği gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, belirsizliğin arttığını söylemek mümkündür. Bu belirsizliği ortadan kaldırma yolunun ise fazi teorisi ile mümkün olduğu ifade edilmiştir. Fazi teorisinin kontrol grafiklerine uygulanması ile özellikle p-kontrol grafiklerinin kalite kontrolde başvurulabilecek önemli tekniklerden olduğu söylenebilir.

Klasik anlayış ile oluşturulabilen birçok klasik kontrol grafiği bulunmaktadır. Hem nicel hem de nitel özelliklere göre ayrı ayrı oluşturulabilecek kontrol grafikleri ile yine farklı yaklaşımlarla oluşturulabilecek kontrol grafiklerinin karşılaştırılması yapılabilir. Sadece karşılaştırmalar için değil, bir sürecin kontrol altında mı yoksa kontrol dışında mı şeklinde karar verilmesinde, bu iki kontrol grafikleri birlikte değerlendirilerek daha net ve daha doğru kararlar verilebilir. Ayrıca, klasik nicel kontrol grafikleri ile fazi kontrol grafikleri de karşılaştırılabilir.

## Kaynakça

Alakoç, N. ve Apaydın, P. A. (2018). A Fuzzy Control Chart Approach for Attributes and Variables. Engineering, Technology and Applied Science Research, 8(5), 3360-3365. Retrieved from <https://www.etasr.com/index.php/ETASR/article/view/2192/pdf>

- Amirzadeh, V., Mashinchi, M. ve Parchami, A. (2009). Construction of P-Charts Using Degree of Nonconformity. *Information Sciences*, 179, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.09.010>
- Armutlulu, İ. H. (2014). *Belirsizlik ve Fazi Aritmetiği Sosyal Bilimlerin Dili*. İstanbul: Alfa Yayınları.
- Aslangiray, A. ve Akyüz, G. (2014). Bulanık Kontrol Grafikleri: Tekstil Firmasında Bir Uygulama. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 1(43), 70–89. Retrieved from <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=e7dd7570-dbbe-49e0-9ded-8709e34433b3%40sdc-v-sessmgr05>
- Atanassov, K., Szmidt, E. ve Kacprzyk, J. (2010). On Some Ways of Determining Membership And Non-Membership Functions Characterizing Intuitionistic Fuzzy Sets. *Sixth International Workshop on IFSS, Slovakia*, 10 Oct. 2010, 4, 26-30.
- Cheng, C. B. (2005). Fuzzy Process Control: Construction of Control Charts With Fuzzy Numbers. *Fuzzy Sets And Systems*, 154, 287–303. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2005.03.002>
- Çolak, T. ve Akdeniz, F. (2008). Elyaf İşletmelerinde İstatistiksel Süreç Kontrolünün Uygulanması. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*: 5(17), 86–94. Retrieved from <http://fbe.cu.edu.tr/tr/makaleler/cild17sayi5-11.html>
- Elitok, B. ve Öncel, S. Y. (2017). Elektronik Devre Kartı Üzerindeki Kusur Sayıları İçin Bulanık Kalite Kontrol Grafikleri Uygulaması. 2. Uluslararası Savunma Sanayi Sempozyumu poster bildiri, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Faraz, A., ve Shapiro, A. F. (2010). An Application of Fuzzy Random Variables To Control Charts. *Fuzzy Sets and Systems*, 161, 2684–2694. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2010.05.004>
- Fernandez, M. N. P. (2017). Fuzzy Theory and Quality Control Charts. 2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)-Proceedings: 09 – 12 July, Naples-Italy, 1–6. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/8015675>
- Grzegorzewski, P., ve Hryniewicz, O., (2000), Soft Methods in Statistical Quality Control. *Control Cybernet*, 29, 119–140. Retrieved from [http://www.control.ibspan.waw.pl:3000/contents/export?filename=2000-1-09\\_grzegorzewski\\_hryniewicz.pdf](http://www.control.ibspan.waw.pl:3000/contents/export?filename=2000-1-09_grzegorzewski_hryniewicz.pdf)
- Gülbay, M. ve Kahraman, C. (2007). An Alternative Approach to Fuzzy Control Charts: Direct Fuzzy Approach. *Information Sciences*, 177, 1463-1480. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2006.08.013>
- Gülbay, M., Kahraman, C ve Ruan, D. (2004). A-Cuts Fuzzy Control Charts For Linguistic Data. *International Journal of Intelligent Systems*, 19, 1173–1195. <https://doi.org/10.1002/int.20044>
- Hou, S., Wang, H. ve Feng, S. (2016). Attribute Control Chart Construction Based on Fuzzy Score Number. *Symmetry*, 8(12), 139. <https://doi.org/10.3390/sym8120139>
- İşçiçok, E. (2012). *Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol*. Bursa: Ezgi Kitabevi Yayınları.
- Kanagawa, A., Tamaki, F., ve Ohta, H. (1993). Control Charts For Process Average and Variability Based On Linguistic Data. *International Journal of Production Research*, 31(4), 913–922. <https://doi.org/10.1080/00207549308956765>
- Madadi, M. H. ve Mahmoudzadeh, M. (2017). A Fuzzy Development for Attribute Control Chart with Monte Carlo Simulation Method. *Management Science Letters*, 7, 555-564. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2017.8.001>
- Montgomery, D.C. (1996). *Introduction to Statistical Quality Control*. Canada: John Wiley & Sons Inc,
- Nasiri, M. ve Darestani, S. A. (2016). A Literature Review Investigation on Quality Control Charts Based on Fuzzy Logic. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 18(4), 474-498. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2016.077778>

- Pachamuthu, M. ve Shanmugasundram, V. (2017). Construction of Control Chart Using Fuzzy Probabilistic Approach for cotton Sweater Product. *Research Journal of Mathematical and Statistical Sciences*, 5(4), 1-11. Retrieved from [http://www.isca.in/MATH\\_SCI/Archive/v5/i4/1.ISCA-RJMSS-2017-003.pdf](http://www.isca.in/MATH_SCI/Archive/v5/i4/1.ISCA-RJMSS-2017-003.pdf)
- Panthong C. ve Pongpulpunsak, A. (2016). Non-Normality and the Fuzzy Theory for Variable Parameters  $\bar{X}$ -Control Charts. *Thai Journal of Mathematics*, 14(1), 203-213. <https://doi.org/10.3233/IFS-151551>
- Rowlands, H., ve Wang, L. R. (2000). An Approach of Fuzzy Logic Evaluation And Control in SPC. *Quality And Reliability Engineering International*, 16, 91–98. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099)
- Sabegh, M. H. Z., Mirzazadeh, A., Salehian, S. ve Weber, G. W. (2014). A Literature Review on the Fuzzy Control Chart; Classifications & Analysis. *International Journal of Supply and Operations Management*, 1(2), 167-189. <https://doi.org/10.22034/2014.2.03>
- Sakthivel, E., Senthamarai, K.K. ve Logaraj, M. (2017). Application of Fuzzy Logic Approach in Statistical Control Charts. *Global and Stochastic Analysis*, 4(1), 139-147. Retrieved from [https://www.mukpublications.com/resources/14\\_Sakthivel%20\(1\).pdf](https://www.mukpublications.com/resources/14_Sakthivel%20(1).pdf)
- Saravanan, A. ve Alamelumangai, V. (2014). Performance of Attribute Charts and Fuzzy Control Chart for Variable Data. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 3(5), 9758-9766. Retrieved from [https://www.ijareeie.com/upload/2014/may/51\\_PERFORMANCE.pdf](https://www.ijareeie.com/upload/2014/may/51_PERFORMANCE.pdf)
- Shu, M-H., Dang, D-C., Nguyen, T-L, Hsu, B-M ve Phan, N-S. (2017). Fuzzy  $\bar{X}$  and S Control Charts: A data-Adaptability and Human-Acceptance Approach. *Complexity*, 2017, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2017/4376809>
- Sorooshian, S. (2013). Fuzzy Approach to Statistical Control Charts. *Journal of Applied Mathematics*, 2013, 1–6. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/745153>
- Şenol, Ş. (2012). İstatistiksel Kalite Kontrol. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Şentürk, S. (2017). Construction of Fuzzy C Control Charts Based on Fuzzy Rule Method. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A – Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 18(3), 563-572. Retrieved from <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=9ea0f2bc-5119-4e95-9210-8eb8206aa4db%40sdc-v-sessmgr01>
- Şentürk, S. ve Erginel, N. (2009). Development of Fuzzy  $\bar{X}$ -R and  $\bar{X}$ -S Control Charts Using  $\alpha$ -cuts. *Information Sciences*, 179, 1542-1551. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2008.09.022>
- Taleb H ve Limam M (2002). On Fuzzy and Probabilistic Control Charts. *International Journal of Production Research*, 40(12), 2849–2863. <https://doi.org/10.1080/00207540210137602>
- Vonderembse, M. A. ve White, G. P. (1996). *Operations Management Concepts, Methods and Strategies*. St Paul: West Publishing Company.
- Wang, J.H ve Raz, T. (1990). On The Construction of Control Charts Using Linguistic Variables. *International Journal of Production Research*, 28(3), 477–487. <https://doi.org/10.1080/00207549008942731>
- Zabihinpour, S. M., Ariffin, M. K. A., Tang, Z. H. ve Azfanizam A. S. (2015). Construction of Fuzzy  $\bar{X}$ -S Control Charts with an Unbiased Estimation of Standard Deviation for A Triangular Fuzzy Random Variable. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 28, 2735–2747. <https://doi.org/10.3233/IFS-151551>