

JOURNAL OF TURKISH OPERATIONS MANAGEMENT

CİLT/VOL

04

SAYI/ISSUE

01

YIL/YEAR

20

20





ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY
Journal of Turkish Operations Management
ISSN 2630-6433 e-ISSN 2630-6433

JOURNAL OF TURKISH OPERATIONS MANAGEMENT

YEAR: 2020

VOLUME: 4

NUMBER: 1



ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY

Journal of Turkish Operations Management

Owner / Sahibi

Prof. Dr. Mete GÜNDOĞAN

General Publication Management / Genel Yayın Yönetimi

Prof. Dr. Ergün ERASLAN

Editor-in-Chief / Editör

Assoc. Prof. Dr. Babek Erdebili (B.D. Rouyendegh), AYBU, Ankara, Turkey

Associate Editors / Yardımcı Editörler

Asst. Prof. Dr. Abdullah Yıldızbaşı

Asst. Prof. Dr. İbrahim Yılmaz

Editorial Board / Editör Kurulu

Prof. Dr. Ali Allahverdi, Kuwait University, Kuwait

Assoc. Prof. Dr. Fatih Emre Boran, Gazi University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Yusuf Tansel İç, Başkent University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Atour Taghipour, Normandy University, France

Assoc. Prof. Dr. Yucel Yılmaz Ozturkoglul, Yasar University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Gülin Feryal Can, Başkent University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Hamid Reza Navidi, Shahed University, Iran

Assoc. Prof. Dr. Elif Kılıç Delice, Atatürk University, Turkey

Asst. Prof. Dr. Erdal Aydemir, Suleyman Demirel University, Turkey

Asst. Prof. Dr. Farzad Sattari Ardebili, Azad Ardebil University, Iran

Asst. Prof. Dr. Zahra Sadighi Maman, Adelphi University, USA

Asst. Prof. Dr. Nasrin Mohabbati, California State University, USA

Asst. Prof. Dr. Yavuz Selim Özdemir, THK University, Turkey

Asst. Prof. Dr. Mojtaba Ghiyasi, Shahrood University, Iran

Asst. Prof. Dr. Ahmet Çalık, Karatay University, Turkey

Asst. Prof. Dr. Abdullah Yıldızbaşı, AYBU, Turkey

Asst. Prof. Dr. M. Zeynep Ertem AYBU, Turkey

Asst. Prof. Dr. Gerçek Budak, AYBU, Turkey

Asst. Prof. Dr. İbrahim Yılmaz, AYBU, Turkey

Asst. Prof. Dr. Beata Mrugalska, Poznan University of Technology, Poland

Dr. Menekşe Salar Barım, NIOSH, USA

Dr. Sercan Demir, Harran University, Turkey

Dr. Saeideh Parsaei fard, University of Toronto, Canada

Inst. Nihan Çağlayan, Ahi Evran University, Turkey



ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY

Journal of Turkish Operations Management

Advisory Board / Danışma Kurulu

Prof. Dr. Mete Gündoğan, AYBU, Turkey

Prof. Dr. Ergün Eraslan, AYBU, Turkey

Prof. Dr. Fatih Çelebi, AYBU, Turkey

Prof. Dr. Emel Kızılkaya Aydoğan, Erciyes University, Turkey

Prof. Dr. Tahir Hanalioğlu, TOBB ETÜ University, Turkey

Prof. Dr. Orhan Torkul, Sakarya University, Turkey

Prof. Dr. Turan Paksoy, Selçuk University, Turkey

Prof. Dr. Mehmet Kabak, Gazi University, Turkey

Prof. Dr. Hadi Gökçen, Gazi University, Turkey

Prof. Dr. Serpil Erol, Gazi University, Turkey

Pre-Control / Ön Kontrol

Emine Nur Nacar



ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY

Journal of Turkish Operations Management

Journal of Turkish Operations Management (JTOM) issued by Ankara Yıldırım Beyazıt University (AYBU) is an international peer-reviewed online academic journal published in English, Turkish, Farsi and Arabic in all fields of industrial engineering for any query. JTOM addresses the theoretical framework, models, computational studies, and conceptual development of operations research together with current developments and practices. This journal combines the high standards of a traditional academic approach with the practical value of applications. Hence, JTOM aims to create an academical platform for the exchange of ideas and the presentation of new achievement in theory and application, wherever engineering and science meet the administrative and economic environment by applying operational research, and constructive suggestions on optimizing the current resources.

Current Publication Schedule

The journal published two times per year (June-December). The journal covers theoretical and some applied aspects of science and technology and informs the reader of new trends in basic science and technology. JTOM accepts submissions in the form of research articles, review articles, and short notes.

Manuscript Evaluation Process

The journal uses an online submission system through DergiPark®. The manuscript, along with all the files, is uploaded to DergiPark® online submission system which is available at the link <https://dergipark.org.tr/en/pub/jtom>

Open Access Policy

The Journal is an open access journal which means that all content is freely available without charge to the user or his/her institution. Users are allowed to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of the articles in this journal without asking prior permission from the publisher or the author. All articles published are available on the journal web page <https://aybu.edu.tr/jtom/> and also DergiPark® system <https://dergipark.org.tr/en/pub/jtom>

Publication Fees

There is no submission, evaluation or publication fee for this journal. All accepted articles are freely available online upon publication



ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY

Journal of Turkish Operations Management

The journal is currently indexed as



Index Copernicus



ERIH PLUS



ROAD



SOBIAD



MIAR



ESJI



ASOS Indeks



Root Indexing



Google Scholar



TOGETHER WE REACH THE GOAL

Scientific Journal of Impact Factor



ResearchBib



CONTENTS / İÇİNDEKİLER

Research Articles / Araştırma Makaleleri

Otel seçimli gezgin satıcı problemi için değişken komşu iniş sezgiseli 324-335

İpek Damla AKPINAR, Barış KEÇECİ

Moodle öğrenme yönetim sistemi sürümlerinin öğrenci perspektifinden karşılaştırmalı kullanılabilirlik analizi 336-356

Muhammet YORULMAZ, Gülin Feryal CAN

İş sağlığı ve güvenliği algısının eğitim bazında değerlendirilmesi 357-368

Ergün ERASLAN, Canan CANSARAN

Ergonomic staff scheduling problem with goal programming in glass industry 369-377

Safiye Özlem KAÇMAZ, Hacı Mehmet ALAKAŞ, Tamer EREN

Endüstri mühendisliği perspektifinden akıllı ulaşım sistemleri üzerine sistematik bir literatür taraması 378-387

Ali Can GÜVEN, Barış KEÇECİ

Application of statistical process optimization tools in inventory management of goods quality: Suppliers evaluation in healthcare facility 388-408

Mostafa EİSSA, Engy RASHED



Journal of Turkish Operations Management

Otel seçimli gezgin satıcı problemi için değişken komşu iniş sezgiseli

İpek Damla AKPINAR^{a*}, Barış KEÇECİ^b

^aEndüstri Mühendisliği Bölümü, Başkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye
e-mail: idakpinar@baskent.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-8977-9521>

^bEndüstri Mühendisliği Bölümü, Başkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye
e-mail: bkececi@baskent.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-2730-5993>

*Sorumlu yazar

Makale Girişi

Makale Geçmişi:

Geliş: 10.09.2019
Revize: 10.12.2019
Kabul: 30.03.2020

Anahtar Kelimeler:

Gezgin satıcı problemi,
Otel seçimi,
Sezgisel algoritmalar,
Değişken komşu arama

Özet

Otel Seçimli Gezgin Satıcı Problemi (OSGSP), Gezgin Satıcı Probleminin (GSP) bir çeşididir. OSGSP'nde çalışma süresi/mesafesi kısıtından dolayı tüm noktalar tek bir günde ziyaret edilememektedir. Bu problem NP-zor problem sınıfına girdiği için sezgisel yöntem kullanılması çözüm zamanı açısından avantaj sağlamıştır. İlk olarak En Yakın Komşu Prensi (EYKP) kullanılarak başlangıç çözüm elde edilmiştir. Sonrasında bulunan bu çözümü iyileştirmek amacıyla Değişken Komşu İniş Algoritması (DKİA)'ndan faydalanılmıştır. Algoritmalar Python dili ile kodlanmıştır. Literatürde var olan test problemleri üzerinde çeşitli ölçütler kullanılarak denemeler yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar var olan en iyi çözümler ile karşılaştırılarak algoritmanın performansı değerlendirilmiştir.

Article Info

Article History:

Received: 10.09.2019
Revised: 10.12.2019
Accepted: 30.03.2020

Keywords:

Travelling salesperson problem,
Hotel selection,
Heuristic algorithms,
Variable neighborhood descent

Abstract

The Travelling Salesperson Problem with Hotel Selection (TSPHS) is a variant of The Travelling Salesperson Problem (TSP). In case of TSPHS problem, all points cannot be visited in a single day due to the restriction of working time / distance. Since this problem belongs to the NP-hard problem class, the use of heuristic method has an advantage in terms of the solution time. The initial solution is obtained using The Nearest Neighbor Algorithm (NN). In order to improve this solution, the Variable Neighborhood Descent (VND) is used. Python language is used for coding. The algorithms experiments are made on the test problems in the literature using various criteria and the results obtained are compared with the best available solutions and the performance of algorithm is evaluated.

1. Giriş

Araştırmacılar, ihtiyaçlar dahilinde zaman ve/veya maliyet açısından avantaj sağlayabilmek için bir çok alanda çalışma yapmaktadır. Bu alanlardan biri de rotalama problemleridir. Rotalama problemlerin temelinde ise Gezgin Satıcı Problemi (GSP) yer almaktadır. Bu problemin çözümünde zaman/maliyet açısından avantaj elde edebilmek için GSP alanında çalışılmıştır. GSP, aralarındaki uzaklıkları bilinen noktaların her birinden yalnız bir kez geçerek, başladığı noktaya dönen en az maliyetli turun bulunması problemidir. Otel Seçimli Gezgin Satıcı Problemi (OSGSP) ise çalışma süresi/mesafesi kısıtını içermektedir ve bu haliyle GSP'nin genişletilmiş bir varyantını oluşturmaktadır.

OSGSP ilk kez Vansteenwegen, Souffriau ve Sörensen tarafından 2011 yılında ele alınmıştır. Problem çözümü için matematiksel bir model oluşturulmuştur. Fakat bu modelin çözüm zamanı açısından elverişli olmadığı görülmüştür ve çözüm süresini azaltmak için sezgisel bir algoritma tasarlanmıştır. Sezgisel yöntemin çözüm kalitesini iyileştirmek adına komşuluk mekanizmalarının da kullanıldığı Variable Neighborhood Descent (VND) algoritması geliştirilmiştir (Castro, Sörensen, Vansteenwegen ve Goos, 2012). Matematiksel model ile elde edilen optimum sonuçlardan daha az sapma ile sonuç elde edebilmek için memetik algoritma içeren bir sezgisel algoritma önerilmiştir (Castro ve diğ., 2013). Fakat bu algoritmanın çözüm zamanı açısından elverişli olmadığı görülmüş, bu nedenle hem çözüm zamanı hem de çözüm kalitesi açısından etkili olan Perturbation Local Search (P-LS) sezgiseli önerilmiştir (Castro ve diğ., 2014). Yapılan bir diğer çalışmada OSGSP tropical matematiğin çerçevesinde ele alınmış ve en iyi sonuçlara ulaşılması hedeflenmiştir (Radmanesh, Kumar, Nematı ve Sarim, 2016). Yapılan karşılaştırmalar sonucunda tropical matematik ile en iyi sonuçlara daha kısa sürede ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Lu, Benlic ve Wu tarafından 2017 yılında dinamik programlama ve memetik algoritmanın birlikte kullanıldığı Hybrid Between Dynamic Programming and Memetic Search (HDM) algoritması geliştirilmiştir. 2019 yılında literatürde var olan matematiksel modeller dışında Gavish and Graves Alt Tur Eleme Kısıtları İle Vansteenwegen, Souffriau, Sörensen Modeli (VSSGG); Gavish and Graves Alt Tur Eleme Kısıtları İle Castro, Sörensen, Vansteenwegen, Goos Modeli (CSVGGG) ve The Fox, Gavish and Graves Modeli (FGG) olmak üzere üç yeni model önerilmiş ve literatürdeki problemler üzerinden bu modellerin performans değerlendirmeleri yapılmıştır (Gencel, 2019a). Son olarak ise Sousa ve ark. tarafından yinelemeli yerel arama sezgisellerini temel alan bir yaklaşım geliştirilmiştir (Sousa, Ochi ve Martins, 2019).

Gerçek yaşamda OSGSP olarak modellenebilen bazı problemlere örnek vermek gerekirse, birden fazla günden oluşan turist gezi programları; ağır vasıta sürücülerinin birden fazla günden oluşan, ve her gün sonunda uygun bir dinlenme noktasında durakladığı tur problemi; bir postacının taşıyacağı yükü hafifletmek amacıyla turunu birbiriyle bağlantılı daha küçük turlara böldüğü dağıtım problemi; maksimum kullanım zamanı pil kapasitesiyle sınırlı elektrikli bir aracın tur problemi.

Çalışmanın ikinci bölümünde otel seçimli gezgin satıcı probleminden bahsedilmiş, üçüncü bölümünde çözüm yaklaşımı başlığı altında en yakın komşu prensibi, komşuluk mekanizmaları ve otel iyileştirilmesi ile değişken komşu iniş sezgiseli anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ise deneysel çalışmalara değinilmiştir. Son olarak ise beşinci bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlara yer verilmiş ve karşılaştırmalı analizler yapılmıştır.

2. Otel Seçimli Gezgin Satıcı Problemi

OSGSP'de s adet otelden oluşan otel kümesi Eşitlik (1) ile n adet müşteriden oluşan müşteri kümesi Eşitlik (2) ile ifade edilmektedir. Her i müşterisinden/otelinden j müşterisi/oteline gidiş süresi/mesafesi $c_{(i,j)}$ ile, her i müşterisi için hizmet süresi ise T_i ile ifade edilmektedir. Gezginin her gün bir otelde/başlangıç noktasında başlayıp bir otelde/bitiş noktasında sonlanan ziyaretleri "gezi" olarak adlandırılmakta, tüm gezilerin toplamı ise "tur" olarak ifade edilmektedir. Eşitlik (3)'te gösterildiği gibi her tur toplamda d tane olan m adet geziden oluşmaktadır (Vansteenwegen ve diğ., 2011).

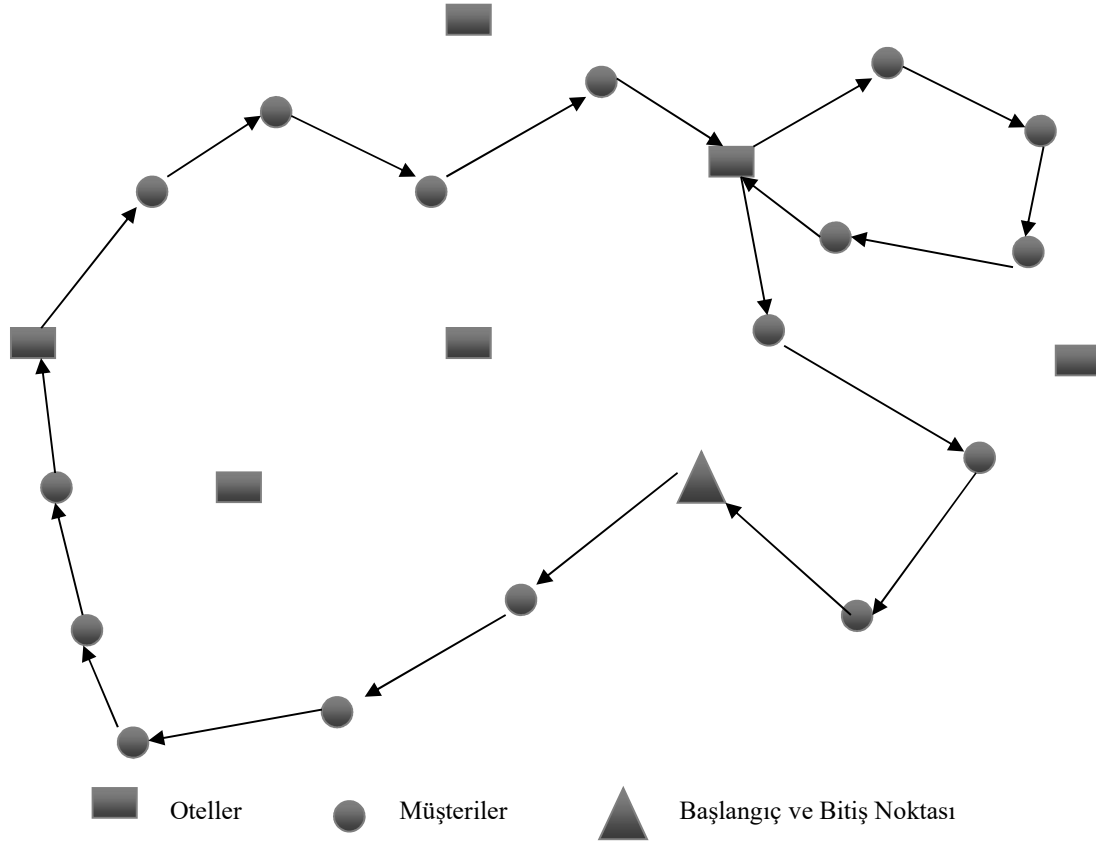
$$i=1,\dots,s \quad (1)$$

$$i=s+1,\dots,s+n \quad (2)$$

$$d=1,\dots,m \quad (3)$$

Bu problem için iki tür amaç tanımlanmıştır. Bunlardan ilki toplam turdaki gezi sayısını en küçükleme. İkincisi ise gezginin gerçekleştirdiği toplam tur uzunluğunu en küçükleme. Bu amaçlardan birinci amaç ikinci amaca göre daha önceliklidir. Bunun nedeni her bir fazla gezinin maliyetinin, turun daha uzun olması maliyetinden daha çok olmasıdır.

Çünkü gezginin fazladan yapacağı her bir gezinin; fazladan otel masrafı, gezginin günlük ücreti vb. masrafların yol ücreti masrafından daha büyük olmasıdır.



Şekil 1. OSGSP çözümü örneği

Klasik GSP'de olduğu gibi OSGSP'de de her müşteriye uğrama zorunluluğu vardır. Gezgin her noktaya uğradığında yolculuk süresinden ayrı olarak, o noktada hizmet vermek için belli bir süre harcamaktadır. Bu sürede günlük çalışma süresine dahil edilmektedir.

OSGSP'de çalışma süresi/mesafesi kısıtından dolayı tüm noktalar tek bir günde ziyaret edilememektedir. Bu süre sınırlaması C ile ifade edilmektedir. Bu nedenle gezgin, çalışma süresi/mesafesi kısıtını aşmadan gün sonunda bir bekleme noktasında (otelde) duraklamak (konaklamak) durumundadır. Gezginin seyahati süresince konaklayabileceği otellerin listesi önceden belirlenmiştir. Gezgin, gün sonunda en son noktayı ziyaret ettikten sonra konaklayacağı oteli seçerken oteller listesinde bulunduğu noktaya en yakın oteli tercih etmektedir. Ertesi gün konakladığı otelden ziyaret etmesi gereken noktaya doğru yola çıkarak seyahatini sürdürmektedir.

Gezginin yolculuğunda tüm noktalara uğrama kısıtı bulunmasına karşın, belirlenen oteller listesindeki her otele uğrama zorunluluğu yoktur. Hatta gerekli görülmesi durumunda gezgin, bir otelde birden fazla kere konaklayabilmektedir. Ayrıca turun aynı otelde/başlangıç noktasında başlayıp, aynı otelde/bitiş noktasında bitme zorunluluğu vardır. Örnek bir OSGSP Şekil 1'de gösterilmiştir.

OSGSP'nin zaman pencereli OSGSP ve otel seçimli oryantiring problemi gibi çeşitleri vardır. Zaman pencereli OSGSP'de, OSGSP'ye ek olarak her noktanın ziyaret edilmesi için belli bir zaman aralığı vardır ve gezginin o zaman aralığında o noktayı ziyaret etmiş olması gerekmektedir. Baltz, Ouali, Jager, Sauerland ve Srivastav tarafından 2014 yılında bu problem ele alınmıştır. Problem çözümü için matematiksel bir model kurulmuş ve sezgisel bir algoritma geliştirilmiştir. Otel seçimli oryantiring probleminde ise tüm noktaların ziyaret edilme zorunluluğu yoktur. Ziyaret edilecek noktalar toplam fayda en büyüklenecek şekilde belirlenir. Bu problem ilk olarak Divsalar, Vansteenwegen,

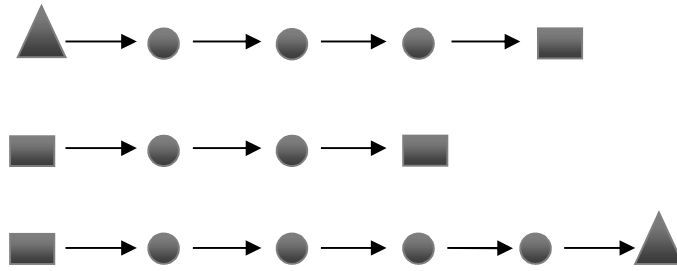
Sörensen ve Cattrysse tarafından 2014 yılında çalışılmıştır ve memetik bir algoritma geliştirilmiştir. 2015 yılında hipersezgisel bir algoritma önerilmiştir (Toledo ve Riff, 2015). Problem çözümünde çözüm kalitesi açısından iki sezgisel yöntem karşılaştırılmıştır (Hoek, 2016). Sonuç olarak Tabu Arama algoritmasının çözüm zamanı ve kalitesi açısından daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada literatürde var olan modeller dışında iki tane daha model önerilmiş ve bu modeller performans kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Gencel, 2019b).

3. Çözüm Yaklaşımı

Literatürde OSGSP'yi çözmek için birçok yöntem önerilmiştir. Bunlar içinde lineer programlama, dinamik programlama, dal-sınır algoritması gibi kesin çözüm veren yöntemlerin yanı sıra komşuluk mekanizmaları, tabu arama algoritması, genetik algoritmalar melez yöntemler gibi sezgisel yaklaşımlarda önerilmiştir.

Problem çözümünde kullanılan matematiksel modeller kesin çözümler elde etmesine rağmen, çözüm zamanı açısından avantajlı bulunmamıştır. Bu nedenle, özellikle büyük boyutlu problemlerde çözüm yöntemi olarak daha kısa sürede sonuç veren sezgisel yöntemler önerilmiştir. Bu çalışmada da OSGSP çözüm yöntemi olarak sezgisel bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Önerilen sezgisel algoritma da permütasyon çözüm gösterimi benimsenmiştir. Bu gösterime göre her bir satır bir geziyi ifade etmektedir. Tüm satırların toplamı ise turu oluşturmaktadır. Yani bir turda satır sayısı kadar gezi sayısı vardır. Her bir satırın sonundaki otel ile ardışık satırın başındaki otel aynı oteli temsil etmektedir. Turun başlangıç ve bitiş noktası da aynı noktayı ifade etmektedir. OSGSP için küçük boyutlu çözüm gösterim örneğine Şekil 2'de yer verilmiştir.



Şekil 2. OSGSP için çözüm gösterimi örneği

Bu algoritma da çözüme ulaşılırken, ilk olarak En Yakın Komşu Prensibi (EYKP) kullanılarak başlangıç çözüm elde edilmiştir. Sonrasında bu çözümü iyileştirmek amacıyla Değişken Komşu İniş Algoritması (DKİA) kullanılmıştır. Bu algoritma uygulanırken eldeki çözümü iyileştirmek amacıyla "takas" ve "ekleme" komşuluk mekanizmaları ile "otel iyileştirme" hareketi kullanılmıştır. "Gezi azalt" hareketi ile de turdaki gezilerin azaltılması hedeflenmiştir. Süre/mesafe açısından sonuçlar incelendiğinde daha iyi bir çözüme ulaşılamadığı noktada algoritma sonlandırılmıştır. Çalışmada kullanılan bu yöntem tasarlanırken Araştırma ve Yayın Etiğine uyulmuştur.

3.1 En Yakın Komşu Prensibi

Çalışmanın başlangıç aşamasında, çözüm elde etmek için öncelikli olarak bir başlangıç çözüme ihtiyaç duyulmuştur. Bu başlangıç çözümü elde edebilmek için En Yakın Komşu Prensibi kullanılmıştır. Bu prensibin temelinde, gidilecek noktaya karar verilirken mevcut konuma en yakın olan noktanın tercih edilmesi felsefesi vardır. Buna göre gezgin başlangıç noktasından gezisine başlamakta, sonrasında gideceği noktayı belirlerken kendine en yakın olanı seçmektedir. Bu şekilde günlük süre/mesafe kısıtı da aşılmadan gezgin, son noktayı da ziyaret ettikten sonra konaklayacağı otele karar verirken de aynı prensipten yararlanmaktadır. Bu şekilde başlangıç çözümündeki her bir gezi tamamlanmakta ve tur oluşturulmaktadır.

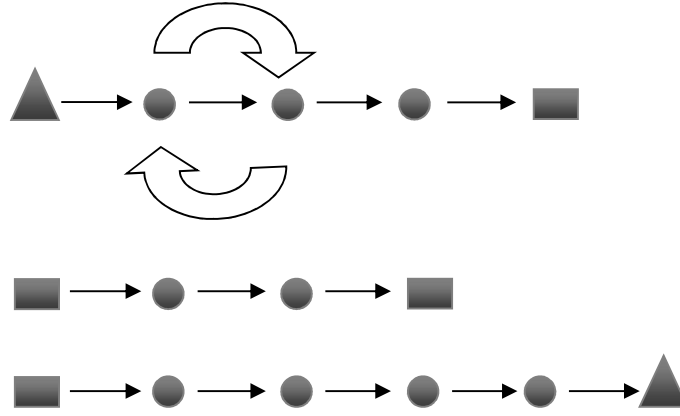
3.2 Komşuluk Mekanizmaları, Otel İyileştirilmesi ve Gezi Azalt

3.2.1 Komşuluk Mekanizmaları

Komşuluk mekanizmaları, oluşturulan turun toplam süresini/mesafesini azaltmak için kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemler sayesinde gezgin, daha kısa sürede/mesafede tüm noktaları ziyaret ederek başlangıç noktasına dönmektedir.

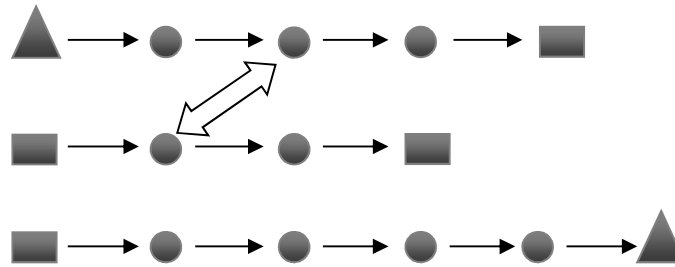
Çözüm yaklaşımında "takas" ve "ekleme" olmak üzere iki tür komşuluk mekanizması kullanılmıştır (Lu ve diğ., 2017). Kullanılan her iki komşuluk mekanizması da hem gezi içerisinde hem de geziler arasında noktaların sıralarını ve yerlerini değiştirerek iyileştirmeler yapmaktadır. Bu iyileştirmeler yapılırken günlük süre/mesafe kısıtı da göz ardı edilmemelidir.

Takas komşuluk mekanizmasının temelinde, çözüme fayda sağlayacak biçimde iki noktanın birbiri ile değişimi esas alınmaktadır. Yani bu komşuluk mekanizmasında, çözümde var olan iki noktanın çözüme fayda sağlamak için yerlerinin birbiri ile değiştirilmesi söz konusudur. Ekleme komşuluk mekanizmasında ise, fayda sağlamak için çözümde var olan bir noktanın yeri değiştirilir. Aslında bu komşuluk mekanizmasında seçilen noktanın taşınması söz konusudur. Yani belirlenen nokta mevcut konumundan alınarak başka bir konumdaki iki noktanın arasına yerleştirilir. Böylelikle başlangıçta bulunan çözümden daha iyi bir kalitede çözüm elde edilmiş olunur.



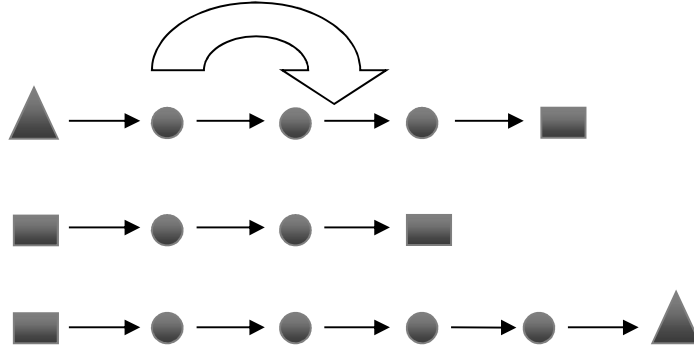
Şekil 3. Gezi içi takas komşuluk mekanizması örneği

Şekil 3'te birinci gezideki birinci ve ikinci noktaların sıralamasının takas komşuluk mekanizmasına göre değişimi gösterilmiştir. Şekil 4'te ise birinci gezideki ikinci nokta ile ikinci gezideki birinci nokta değiştirilerek, takas komşuluk mekanizmasının geziler arası uygulamasına yer verilmiştir.

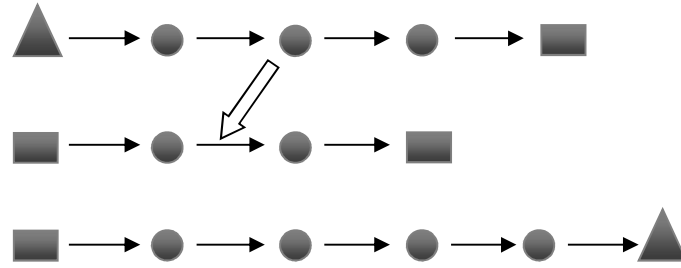


Şekil 4. Geziler arası takas komşuluk mekanizması örneği

Şekil 5'te ekleme komşuluk mekanizması ile birinci gezideki ilk nokta, aynı gezideki ikinci ve üçüncü nokta arasına taşınmıştır. Bu komşuluk mekanizmasının geziler arası örneği ise Şekil 6'da birinci gezideki ikinci nokta, ikinci gezide birinci ve ikinci nokta arasına taşınarak gösterilmiştir.



Şekil 5. Gezi içi ekleme komşuluk mekanizması örneği



Şekil 6. Geziler arası ekleme komşuluk mekanizması örneği

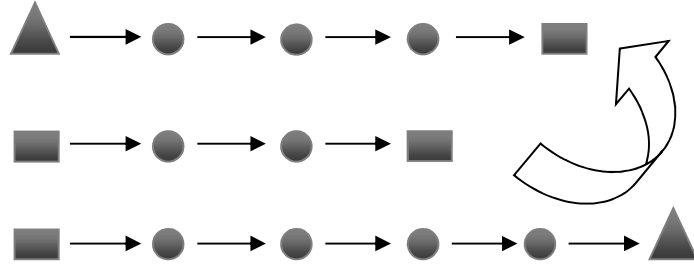
3.2.3 Otel İyileştirilmesi

Yapılan çalışmada, gezinin gideceği noktalar en iyi seviyede belirlendikten sonra otellerin de iyileştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu uygulama da "otel değiştir" mekanizması kullanılmıştır (Castro ve diğ., 2012). Bu amaçla yapılan çalışmada, önceden belirlenen gezinin konaklayabileceği oteller listesinden faydalanılmıştır. Mevcut çözümde var olan oteller, listede var olan her bir otelle değiştirilerek çözümde bir iyileşme olup olmadığına bakılır. Eğer bir iyileşme olur ise otel değişimi yapılır ve mevcut çözüm güncellenir. Her otel birden fazla kere tur içerisinde kullanılabilmesi için bu mekanizma uygulanırken oteller listesinde herhangi bir güncelleme yapılmamıştır. Bu sayede oteller listesindeki oteller de, en verimli şekilde değerlendirilmiş olur. Bu hareket sırasında bağlantılı gezilerin ilk ve son otellerinin aynı olmasına dikkat edilmelidir.

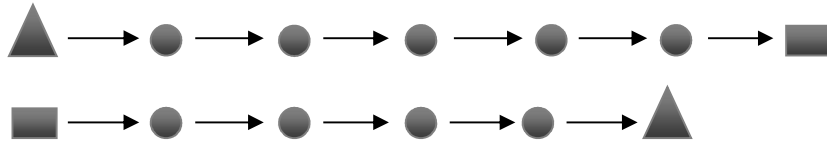
3.2.4 Gezi Azalt

Toplam tur mesafesinin azaltılabilmesi için turdaki gezilerin sayısı önem taşımaktadır. Bu nedenle toplam turdaki gezi sayısı ne kadar az olur ise toplam tur uzunluğu da o kadar kısa olur. Gezi azalt mekanizması, tur içerisindeki gezi sayısının en iyi seviyede olmasını sağlar (Castro ve diğ., 2012). Bunu yaparken oluşturulan çözümdeki her bir gezinin arasındaki oteli kaldırarak, bu gezileri birbirinin ardına ekler. Bu ekleme işleminden sonra günlük süre/mesafe kısıtının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Eğer bu kısıt sağlanıyor ise ve toplam tur uzunluğu bir önceki çözüme göre daha avantajlı bir hale geliyor ise gezi azaltma işlemi yapılır. Böylelikle OSGSP probleminin diğer bir amacı da sağlanmış olur.

Şekil 7'de küçük boyutlu bir tur örneği gösterilmiştir. Bu tur içerisinde, yukarıda bahsedildiği gibi her bir gezi birbiri ardına eklenerek günlük süre/mesafe kısıtının aşılmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan kontroller sonucunda, birinci ve ikinci gezi birleştirilerek turdaki gezi sayısının üçten ikiye düşürülmesine karar verilmiştir. Bunun için birinci gezi sonundaki otel kaldırılmış, ikinci gezideki noktalar birinci gezideki noktaların ardına eklenmiş ve şekil 8 elde edilmiştir. Böylelikle turdaki gezi sayısı azaltılmıştır.



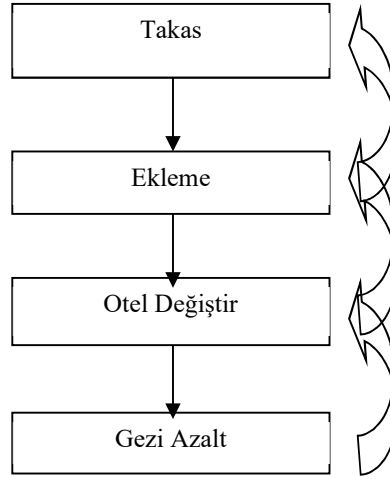
Şekil 7. Gezi azalt hareketi öncesi örneği



Şekil 8. Gezi azalt hareketi sonrası örneği

3.3 Değişken Komşu İniş Sezgiseli

Değişken Komşu İniş (DKİ) Sezgiseli, Hansen ve Mladenovic tarafından 2003 yılında önerilmiştir. Bu yaklaşım birçok kombinasyonel optimizasyon probleminde uygulanmaktadır ve nispeten yeni bir yöntemdir.



Şekil 9. Değişken komşu iniş sezgiseli örneği

Bu çalışma için DKİ uygulama aşamaları Şekil 9'da gösterilmiştir. En Yakın Komşu Prensipli ile elde edilen başlangıç çözüme ilk olarak Takas komşuluk mekanizması uygulanır. Bu mekanizma ile ulaşılabilecek en iyi çözüm bulunduğundan sonra, bir sonraki komşuluk mekanizması olan Ekleme komşuluk mekanizmasına geçilir. Ekleme komşuluk mekanizmasında daha iyi bir çözüm bulur ise bir önceki adıma yani Takas komşuluk mekanizmasına dönülür ve bulunan en iyi çözüme Takas komşuluk mekanizması, daha iyi bir sonuç bulunamayana kadar tekrar tekrar uygulanır. Eğer Takas ve Ekleme yöntemleri ile daha iyi bir çözüm bulunamaz ise bir sonraki adıma geçilir ve bulunan en iyi çözüme Otel Değiştir yöntemi uygulanır. Eğer daha iyi bir çözüm bulur ise yine ilk adıma dönülür. Algoritma bu

şekilde ta ki Gezi Azalt yönteminde daha iyi bir çözüm bulunamayana kadar sürdürülür. Eğer son adımda daha iyi bir çözüm bulunamaz ise bulunan çözüm en iyi çözüm olarak kaydedilir.

4. Deneysel Çalışmalar

4.1 Test Verileri

Bu çalışmada daha önce Vansteenwegen ve diğ. (2011) tarafından oluşturulan test verileri kullanılmıştır. Veri setlerine <https://antor.uantwerpen.be/instances-in-the-paper-a-memetic-algorithm-for-the-travelling-salesperson-problem-with-hotel-selection/> adresi üzerinden ulaşılmıştır. Bu veri setleri internet adresinde erişime açık olup kullanım için herhangi bir izin gerekmemektedir. Veri setleri içerisinde Set-1 ve Set-2 verileri ile sezgisel algoritma test edilmiştir. Set-1 veri seti 48-288 müşteri ve 6 otel içeren daha büyük ölçekli bir veri seti olmakla birlikte Set-2 10, 15, 30 ve 40 müşteri ile 2 otel içeren daha küçük ölçekli bir veri setidir.

4.2 Bilgisayar Özellikleri

Algoritma çözümlenirken i7 işlemci 3.5 GHZ, 8GB ram ve Linux işletim sistemine sahip bir bilgisayar kullanılmıştır. Algoritma kodlanırken dizi işlemlerini yapma kolaylığı sağladığı için kodlama dili olarak Python dili kullanılmıştır. Bu kodlama zamanı açısından avantaj sağlamıştır.

5. Sonuç

Değişken komşu iniş sezgiseli iki veri seti içinde uygulanmıştır. Elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 1'de ilk veri setinden elde edilen sonuçlar listelenmiştir. Bu veri seti büyük ölçekli problemler için tasarlanmıştır. Set 1 içerisinde coğrafi koordinat verilerinden oluşan 16 farklı problem vardır. Her bir problemin ismi, müşteri sayısı, zaman bütçesi, seyahat sayısı ilk dört sütunda listelenmiştir. Sonraki sütunda problem için oluşturulan matematiksel modelin Cplex programı ile çözümü yer almaktadır. Bu çözüm, problemin elde edilen en iyi çözümünü göstermektedir. VND çözümü ise, bu çalışmada tasarlanan algoritma ile elde edilen çözümü ifade etmektedir. Son sütunda Cplex çözümden, yani en iyi çözümden elde edilen sapma miktarı listelenmiştir. Bu sapma miktarı Eşitlik (3) ile yüzde cinsinden gösterilmiştir. Bu formül kullanılarak her bir problem için sapma miktarları hesaplanmıştır. Bu veri seti büyük ölçekli bir veri seti olduğu için elde edilen sapma miktarları da daha büyüktür.

Tablo 1. Set 1 için karşılaştırmalı sonuçlar

İsim	Müşteri Sayısı	Zaman Bütçesi	Seyahat Sayısı	CPLEX Çözüm	VND Çözüm	Sapma(%)
c101	100	1236	9	9685,6	9773,5	0,91
c201	100	3390	3	9600,0	9635,0	0,36
pr01	48	1000	2	1416,6	1544,6	9,04
pr02	96	1000	3	2569,3	2826,1	9,99
pr03	144	1000	4	3584,1	3970,6	10,78
pr04	192	1000	5	4366,3	4995,7	14,41
pr05	240	1000	6	5122,1	5554,8	8,45
pr06	288	1000	7	6137,3	6674,4	8,75
pr07	72	1000	3	2085,2	2380,4	14,16
pr08	144	1000	4	3504,7	4005,2	14,28
pr09	216	1000	5	4617,6	5046,1	9,28
pr10	288	1000	7	6097,5	6687,4	9,67
r101	100	230	9	1801,3	1926,5	78,17
r201	100	1000	2	1670,4	1694,4	1,44
rc101	100	240	8	1724,1	2059,2	19,44
rc201	100	960	2	1661,3	1723,1	3,72
					Ort,	13,3

$$[(\text{VND çözüm} - \text{Cplex Çözüm}) / \text{Cplex çözüm}] * 100 \quad (3)$$

Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5 ikinci veri seti için farklı müşteri sayılarına sahip problemlerin karşılaştırmalı sonuçlarını göstermektedir. Bu veri seti oluşturulurken set 1 veri seti içerisinde küçük kümelerde veri setleri seçilmiştir. Her bir tabloda seçilen veri kümesi için elde edilen Cplex çözüm, VND çözüm ve karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 2. Set 2 için karşılaştırmalı sonuçlar (10 müşteri)

İsim	Müşteri Sayısı	Zaman Bütçesi	Seyahat Sayısı	Cplex Çözüm	VND Çözüm	Sapma (%)
c101	10	1236	1	955,1	959,5	0,46
r101	10	230	2	272,8	286,2	4,91
rc101	10	240	1	237,5	243,7	2,61
pr01	10	1000	1	426,6	434,3	1,80
pr02	10	1000	1	661,9	661,9	0,00
pr03	10	1000	1	553,3	559,1	1,05
pr04	10	1000	1	476,4	476,4	0,00
pr05	10	1000	1	528,9	528,9	0,00
pr06	10	1000	1	597,4	615,9	3,10
pr07	10	1000	1	670,2	702,6	4,83
pr08	10	1000	1	573,4	580,9	1,31
pr09	10	1000	1	645,5	645,5	0,00
pr10	10	1000	1	461,5	461,5	0,00
					Ort,	1,54

Tablo 2 de 5 problem için; VND sezgiseli ile bulunan sonuçlar, Cplex çözümü ile bulunan sonuçlarla aynıdır. Yani bu problemlerde optimal sonuçlar sezgisel yöntemle de yakalanmıştır. Diğer problemlerde ise sezgisel yöntemle bulunan sonuçların, optimal çözümden sapmalarının ortalaması %1,54 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3 de 15 müşterili set 2 verileri için karşılaştırmalı sonuçlar listelenmiştir. Sapma değerleri incelendiğinde VND çözümlerin, 3 problem için Cplex çözüm ile aynı olduğu görülmüştür. Diğer problemlerde ise sezgisel yöntemle bulunan sonuçların optimal çözümden sapmalarının ortalaması %6,15 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. Set 2 için karşılaştırmalı sonuçlar (15 müşteri)

İsim	Müşteri Sayısı	Zaman Bütçesi	Seyahat Sayısı	Cplex Çözüm	VND Çözüm	Sapma (%)
c101	15	1236	2	1452,8	1466,2	0,92
r101	15	230	2	379,8	429,3	13,03
rc101	15	240	2	303,2	377,4	24,47
pr01	15	1000	1	590,4	635,6	7,66
pr02	15	1000	1	745,6	790,0	5,95
pr03	15	1000	1	632,9	698,9	10,43
pr04	15	1000	1	683,4	733,0	7,26
pr05	15	1000	1	621,2	674,1	8,52
pr06	15	1000	1	685,2	685,2	0,00
pr07	15	1000	1	795,3	802,9	0,96
pr08	15	1000	1	707,2	712,7	0,78
pr09	15	1000	1	771,7	771,7	0,00
pr10	15	1000	1	611,9	611,9	0,00
					Ort,	6,15

Tablo 4 ve tablo 5 de listelenen sonuçlar incelendiğinde 30 ve 40 müşterili problemlerde elde edilen sonuçlarda optimal çözümlerin yakalanamadığı, fakat optimal çözümlere nispeten yaklaşıldığı gözlemlenmiştir. Veri seti 2 de 30 ve 40 müşteri için, VND çözüm ile bulunan sonuçların Cplex çözümlerden sapmaları sırasıyla %10.37 ve %11.37 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. Set 2 için karşılaştırmalı sonuçlar (30 müşteri)

İsim	Müşteri Sayısı	Zaman Bütçesi	Seyahat Sayısı	CPLEX Çözüm	VND Çözüm	Sapma (%)
c101	30	1236	3	2876,3	2880,3	0,1
r101	30	230	3	676,2	722,1	6,78
rc101	30	240	4	712,4	743,0	4,29
pr01	30	1000	1	964,8	1083,2	12,2
pr02	30	1000	2	1078,3	1168,5	8,3
pr03	30	1000	1	952,5	967,5	1,5
pr04	30	1000	2	1091,6	1245,1	14,0
pr05	30	1000	1	924,7	1107,0	19,7
pr06	30	1000	2	1065,3	1161,5	9,03
pr07	30	1000	2	1130,4	1306,4	15,57
pr08	30	1000	2	968,4	1082,3	11,7
pr09	30	1000	2	1091,4	1247,0	14,26
pr10	30	1000	1	918,9	1078,2	17,34
					Ort,	10,37

Tablo 5. Set 2 için karşılaştırmalı sonuçlar (40 müşteri)

İsim	Müşteri Sayısı	Zaman Bütçesi	Seyahat Sayısı	CPLEX Çözüm	VND Çözüm	Sapma (%)
c101	40	1236	4	3866,1	3910,7	1,15
r101	40	230	4	895,5	943,7	5,38
rc101	40	240	4	851,2	1016,3	19,39
pr01	40	1000	2	1160,5	1376,0	18,57
pr02	40	1000	2	1336,9	1449,5	8,42
pr03	40	1000	2	1303,4	1417,1	8,72
pr04	40	1000	2	1259,5	1446,8	14,87
pr05	40	1000	2	1200,7	1337,6	11,40
pr06	40	1000	2	1271,5	1456,2	14,52
pr07	40	1000	2	1426,5	1557,3	9,16
pr08	40	1000	2	1305,9	1390,3	6,46
pr09	40	1000	2	1284,4	1463,3	13,93
pr10	40	1000	2	1233,6	1428,8	15,82
					Ort,	11,37

Tablolar incelendiğinde problem boyutu küçükken VND yöntemiyle elde edilen sonuçlarda optimal sonuca yaklaşıldığı, hatta kimi zaman optimal sonucun yakalandığı gözlemlenmiştir. Müşteri sayısı arttıkça ise sezgisel algoritma çözümü ile optimal sonuca ulaşmak zorlaşmıştır.

İki veri seti içinde VND algoritması ile elde edilen sonuçlar üzerinden genel bir değerlendirme yapmak gerekirse Set 1 için ortalama 0.13, Set 2 için ise ortalama 0.07 optimum çözümden sapma ile sonuçlara ulaşılmıştır.

İleriki çalışmalarda iki veri seti içinde elde edilen sezgisel algoritma sapma değerlerinin iyileştirilmesinin yanı sıra, VND algoritması geliştirilerek literatürde var olan diğer büyük boyutlu veri setleri içinde çözümler elde edilebilir. Ayrıca OSGSP'nin geliştirilmiş bir türü olan birden fazla gezgin içeren çoklu OSGSP için çözüm yöntemleri geliştirilebilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; İpek Damla Akpınar, bilimsel yayın araştırması, makalenin oluşturulması, bilgisayar ortamına aktarılması, bilgisayar kodlarının oluşturulması; Barış Keçeci, bilimsel yayın araştırması, uygulanması, bilgisayar kodlarının denenmesi ve analizi; konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Baltz, A., Ouali, M. E., Jager, G., Sauerland, V. & Srivastav, A. (2014). Exact and heuristic algorithms for the travelling salesman problem with multiple time windows and hotel selection. *Journal Of The Operational Research Society*, 66(4), 615-626. doi: <https://doi.org/10.1057/jors.2014.17>

Castro, M., Sörensen, K., Vansteenwegen, P. & Goos, P. (2012). A simple GRASP+VND for the travelling salesperson problem with hotel selection. *Faculty of Applied Economics*, 024. Erişim adresi: <https://repository.uantwerpen.be/docman/irua/fl71bd/1c42703e.pdf>

Castro, M., Sörensen, K., Vansteenwegen, P. & Goos, P. (2013). A memetic algorithm for the travelling salesperson problem with hotel selection. *Computers Operations Research*, 40(7), 1716-1728. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.01.006>

Castro, M., Sörensen, K., Vansteenwegen, P. & Goos, P. (2014). A fast metaheuristic for the travelling salesperson problem with hotel selection. *4OR*, 13(1), 15-34. doi: <https://doi.org/10.1007/s10288-014-0264-5>

Divsalar, A., Vansteenwegen, P., Sörensen, K. & Cattrysse, D. (2014). A memetic algorithm for the orienteering problem with hotel selection. *European Journal Of Operational Research*, 237(1), 29-49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.001>

Gencel, C. A. (2019a). *Otel seçimli gezgin satıcı problemi için yeni matematiksel modeller* (Yüksek Lisans Tezi). Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. YÖK tez veri tabanından erişildi. Tez No. 539322

Gencel, E. (2019b). *Otel seçimli oryantiring problemi için yeni matematiksel modeller* (Yüksek Lisans Tezi). Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. YÖK tez veri tabanından erişildi. Tez No. 539312

Hansen, P. & Mladenovic, N. (2003). A tutorial on variable neighborhood search. *GERAD and Mathematical Institute Technical Report*, SANU, Belgrade. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/2906122>

Hoek, S. V. (2016). Tabu search for the orienteering problem with hotel selection. *Econometrics and Operations Research*, *Econometrie*. Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/2105/34358>

Lu, Y., Benlic, U. & Wu, Q. (2017). A hybrid dynamic programming and memetic algorithm to the travelling salesman problem with hotel selection. *Computers and Operations Research*, 90, 193-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.09.008>

Radmanesh, M., Kumar, M., Nemati, A. & Sarim, M. (2016). Solution of traveling salesman problem with hotel selection in the framework of MILP-Tropical Optimization. *American Control Conference (ACC)*, 6-8, Boston, MA, USA. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/305426314_Solution_of_Traveling_Salesman_Problem_with_Hotel_Selection_in_the_Framework_of_MILP-Tropical_Optimization

Sousa, M. M., Ochi, L. S. & Martins, S. L. (2019). An efficient heuristic to the travelling salesperson problem with hotel selection. *Hybrid Metaheuristics Conference*, 31-45.

Erişim adresi: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-05983-5_3

Toledo, A. & Riff, M. C. (2015). HOPHS: A hyperheuristic that solves orienteering problem with hotel selection. *International Conference on Digital Information Processing and Communications (ICDIPC)*, Sierre, Switzerland.

Erişim adresi:

https://www.researchgate.net/publication/308854299_HOPHS_A_hyperheuristic_that_solves_orienteering_problem_with_hotel_selection

Vansteenwegen, P., Souffriau, W. & Sörensen, K. (2011). The travelling salesperson problem with hotel selection. *Journal Of The Operational Research Society*, 63(2), 207–17. doi: <https://doi.org/10.1057/jors.2011.18>

«ANT/OR,» [Çevrimiçi]. Available: <https://antor.uantwerpen.be/instances-in-the-paper-a-memetic-algorithm-for-the-travelling-salesperson-problem-with-hotel-selection/>



Journal of Turkish Operations Management

Moodle öğrenme yönetim sistemi sürümlerinin öğrenci perspektifinden karşılaştırmalı kullanılabilirlik analizi

Muhammet YORULMAZ^{a*}, Gülin Feryal CAN^b

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Başkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye
e-mail: muhammed@baskent.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-4904-9396>

²Endüstri Mühendisliği Bölümü, Başkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye
e-mail: gfcan@baskent.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-7275-2012>

*Sorumlu yazar

Makale Bilgi

Makale Geçmişi:

Geliş: 15.08.2019
Revize: 21.11.2019
Kabul: 30.03.2020

Anahtar Kelimeler:

Web ergonomisi,
Kullanılabilirlik,
Moodle

Article Info

Article History:

Received: 15.08.2019
Revised: 21.11.2019
Accepted: 30.03.2020

Keywords:

Web ergonomics,
Usability,
Moodle

Özet

Teknolojideki gelişmelere paralel olarak internet kullanımının eğitim üzerindeki etkisinin artmasıyla birlikte; açık kaynak kodlu öğrenim yönetim sistemi (ÖYS) yazılımlarının eğitim hayatındaki yeri de giderek artmaya başlamıştır. Çalışmada, açık kaynak kodlu ÖYS'den biri olan Moodle (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment-Modüler Nesne Yönelimli Dinamik Öğrenme Ortamı) adlı ÖYS'nin kullanılabilirliği, aynı aracın 2.0 (2.5.1) ve 3.0 (3.3.4) sürümleri için analiz edilmiştir. Kullanılabilirlik testlerine toplam 18 üniversite öğrencisi katılmıştır. Öğrenciler her iki sürümü de daha önce kullanmış olan ikinci ve daha üst sınıflardan seçilmiştir. Deneysel olarak, Moodle üzerinde öğrencilerin en çok gerçekleştirdiği düşünülen beş farklı görev belirlenmiş ve söz konusu görevlere ilişkin etkililik ve memnuniyet boyutlarındaki veriler kullanılabilirlik analiz yazılımı olan Morae yazılımıyla kaydedilmiştir. Etkililik boyutu kapsamında görev tamamlanma süresi, fare tıklama sayısı, iki veri girişi arasında geçen süre, fare hareket mesafesi kriterleri değerlendirilirken, memnuniyet boyutu kapsamında sistem kullanılabilirlik skorları dikkate alınmıştır. Sonuç olarak; öğrencilerin Moodle sürüm 3.0 (3.3.4)'ün kullanımından daha çok memnun kaldıkları ancak etkililik kapsamında sürümler arasında öğrenciler açısından istatistiksel olarak herhangi bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Abstract

With the increase in the effect of internet usage on education in parallel with the developments in technology; the place of open-source learning management system (LMS) software in educational life has started to increase gradually. In this study, the availability of an open-source LMS called Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), the analysis of the same tool for versions 2.0 (2.5.1) and 3.0 (3.3.4) It was. A total of 18 university students participated in the usability tests. The students were selected from the second and higher classes that had previously used both versions. In the experiments, five different tasks which are thought to be the most performed by students on Moodle were determined and the data on effectiveness and satisfaction dimensions of these tasks were recorded with Morae software which is usability analysis software. In terms of effectiveness dimension, task completion time, the number of mouse clicks, the time between two data entries, mouse movement distance criteria were evaluated and system usability scores were taken into consideration in satisfaction dimension. As a result; it was found that students were more satisfied with the use of Moodle version 3.0 (3.3.4), but there was no statistically significant difference between the versions in terms of effectiveness.

1. Giriş

Web sitelerinin kullanılabilir olmaları temel olarak kolay kullanımlarının olması, amaca kısa süre içerisinde ulaşabilmesi ve kullanıcı memnuniyetinin sağlanabilmesine bağlıdır. Bu koşulları sağlayamayan web siteleri, kullanıcılar tarafından bırakılmakta ve başka bir web sitesi yani başka bir ürün, firma, hizmet vb. tercih edilmektedir. Özellikle ticari amaçlı web sitelerinde kullanıcının web sitesini bırakması müşteri kaybı anlamına gelmektedir. Ders yönetim sistemleri gibi ticari olmayan web sitelerinde kullanılabilirlik düzeyinin düşük olması ise, kullanıcıların yapmak istedikleri faaliyetlerin karmaşıklığını ve gerçekleştirilme süresini etkilediği için bu tür web sitelerinin yoğun ve aktif olarak kullanımını engellemektedir. Bu durum, kaynak paylaşımı, haberleşme gibi faaliyetlerin web ortamı dışında daha uzun sürelerde ve bilgi kayıpları yaşanarak gerçekleştirilmesini de beraberinde getirmektedir.

Bir web sitesine, farklı kullanıcılar farklı amaçlarla girebilir. Kullanıcıların kullanım düzeyleri, yaşları, deneyimleri, kullandıkları donanım ve web tarayıcıları gibi kriterler nedeni ile farklılaşabilir. Buna göre bir web sitesinin, farklı kullanıcı özelliklerini kapsayacak şekilde sorunsuz olarak kullanıcıyı amacına ulaştırabilmesi gereklidir. Ancak bu koşulda web sitesi, kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayabilecek ve başarılı sayılacaktır. Web sitelerinin kullanılabilirliğinin sağlanması için kullanıcıyı amacına ulaştırma doğrultusunda çok az düşündürecek, açık ve anlaşılır tasarımlar yapılmalıdır. Bir web ara yüzünün erişebilir, estetik, tutarlı, açık, basit, dolaşılabilir ve deneyimsiz kullanıcıları destekleyecek şekilde olması kullanılabilirlik açısından önemlidir.

Günümüzde, eğitim kurumlarında ticari ya da açık kaynak kodlu ücretsiz Öğrenim Yönetim Sistemi (ÖYS) (Learning Management System-LMS) uygulamaları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. ÖYS farklı kaynaklarda, Ders Yönetim Sistemi (Course Management System- CMS), Öğrenim İçerik Yönetim Sistemi (Learning Content Management System- LCMS), Görsel Öğrenim Çevresi (Virtual Learning Environment-VLE), Yönetilen Öğrenme Çevresi (Managed Learning Environment-MLE), Öğrenim Destek Sistemi (Learning Support System-LSS) veya Öğrenim Platformu (Learning Platform- LP) olarak farklı ifadelerle yer alabilmektedir (Martín-Blas ve Serrano-Fernández, 2009).

ÖYS, öğretim ve öğrenim faaliyetlerini desteklemek amacıyla tasarlanmış web tabanlı yazılımlardır. ÖYS'ler, değerlendirme, iletişim, içerik gönderme, öğrenci çalışmalarını toplama, öğrenci gruplarını yönetme, anketler düzenleme ve gerçekleştirme, wiki, blog, chat, forum kısacası internet üzerinden yapılabilecek işlemlerin de yerine getirilmesini sağlayan bir kapsama sahiptirler. Yükseköğretimde ÖYS pazarında ticari uygulamaların yanında ticari olmayan, ücretsiz açık kaynak kodlu yazılımlar da kendilerine yer bulabilmektedirler (Chaubey ve Bhattacharya, 2015). Modüler Nesne Yönelimli Dinamik Öğrenme Ortamı (Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment-Moodle) yazılımı da açık kaynak kodlu popüler ÖYS uygulamalarından birisidir. Modül desteği sayesinde geliştiriciler kendi ihtiyaçlarına göre yeni modüller geliştirip ekleyebilmektedirler (Gutiérrez ve diğ., 2010; Yorulmaz ve diğ., 2012). Yazılımın kendi web sitesinde verdiği son istatistik bilgilerine göre, dünya üzerinde 227 ülkede 106.006 kayıtlı sitede kullanılmaktadır ("Moodle.org: Moodle Statistics," 2019). Martin Dougimas tarafından Avustralya'daki Perth Üniversitesinde geliştirilmiş olan Moodle, 75 farklı dili desteklemektedir (Cole ve Foster, 2008).

Moodle tamamıyla ücretsizdir ve ücretsiz olduğu için kullanıcı ve aynı zamanda test edici kitlesi çok geniştir. Sürekli olarak çok miktarda yeni özellik (blok veya modül) Moodle kapsamında geliştirilip dağıtılmaktadır. Ticari muadillerine göre de daha başarılı olduğu yönünde çalışmalar bulunmaktadır (Machado ve Tao, 2007). Açık kaynak kodlu ücretsiz yazılımlar arasında yapılan sıralamalarda da ise ilk sıralarda yer almaktadır (Elabnody, 2015). Uzman değerlendirmelerinde de üst sıralarda olduğu tespit edilmiştir (Turker ve diğ., 2019).

Kullanıcıların, öğrenme ve içerik yönetim sistemlerinin kaynak ve servislerine etkili ve etkin bir şekilde erişebilmeleri, kullanabilmeleri ve bu kullanımdan memnun kalabilmeleri için kullanılabilirlik konusu diğer web sitelerinde olduğu gibi öğrenme ve içerik yönetim sistemlerinin web sitelerinde de önemli bir konu haline gelmiştir. "Kullanılabilirlik", insan-bilgisayar etkileşimi (İBE) (Human-Computer Interaction-HCI) araştırmalarında önemli bir yere sahiptir. İBE açısından bakıldığı zaman kullanılabilirlik, kullanıcı ile sistem arasındaki iletişimin, ara yüz aracılığı ile açık ve anlaşılır olarak ne ölçüde gerçekleştirilebildiğini göstermektedir (Chou ve Hsiao, 2007). ISO 9241-11 standartına göre kullanılabilirlik; kullanıcıların bir ürünü kullanırken belirli bir hedefe ne ölçüde etkili (effectiveness), etkin (efficiency) ve memnun (satisfaction) olarak ulaştıklarını tanımlamaktadır (Bevan, 2001). Bütün yazılımlarda, temel kullanılabilirlik standardı olarak ISO 9241-11 "Kullanılabilirliğin Ana Hatları" standardı dikkate alınmaktadır. Nielsen (1993) tarafından geliştirilen kullanılabilirlik tanımı ise en yaygın kullanılan tanımdır. Nielsen'e göre bir yazılımın kullanılabilirliği öğrenilebilirliği, hatırlanabilirliği, kullanım etkinliği ve kullanıcı hatalarını ortadan kaldırılması, yönetilmesi ve kullanıcı memnuniyeti ile yakından ilgilidir (Nielsen, 1993). Öğrenilebilirlik, sistemin kolay

anlaşılabilir olmasıdır. Verimlilik, sistemin kullanıcı tarafından öğrenilmesinden sonra yoğun olarak farklı amaçlar için kullanılabilir olmasıdır. Akılda kalıcılık, kullanıcının sistemin nasıl kullanıldığını kolay hatırlayabilmesidir. Hata payları, sistemin hata oranının mümkün olduğunca düşük olmasıdır. Sistem tarafından kullanıcı hataları kısa zamanda onarılmalı ve işletim aksamadan devam etmelidir. Memnuniyet ise kullanıcının sistemde amaçlarını gerçekleştirdikten sonra hissettiği tatmindir. Özetle, bir yazılımın kullanılabilirliği, kullanımdaki kalite olarak tanımlanabilmektedir (Juristo, 2007).

Bir yazılımın kullanılabilirliğinin fazla olması ile eğitim ihtiyacı ve dokümantasyon maliyeti azalır, kullanıcı verimliliğini artırır, yazılımın ticari potansiyeli artar, bilgisizlikten kaynaklanan kullanıcı hataları azalır, sistem hatalarını önleyerek tolere edebilir ve kullanıcı güveni artar (Juristo, 2007). Yazılım geliştirme sürecinde kullanılabilirlik çok önemli olmasına rağmen; birçok yazılım sisteminde hala etkin bir şekilde uygulanmamaktadır (Bias ve Mayhew, 2005; Seffah ve Metzker, 2004). ÖYS'ler açısından bakıldığında ise, kullanılabilirlik problemleri, öğrenci performansını olumsuz etkileyebilmektedir (Crowther, Keller ve Waddoups, 2004).

Bir yazılımın kullanılabilirliğini değerlendirmek için farklı teknikler kullanılabilir. Ancak genel anlamda bu teknikler dört kategoriye ayrılarak incelenebilmektedir. Söz konusu kategoriler ampirik yöntemler, uzman değerlendirmeleri, kullanıcı testleri ve biyometri analizleridir. Ampirik yöntemler, yazılım sistemini kullanan kişilerin görüşlerinin toplanarak nicelleştirilmesi amacıyla taşır (Nielsen, 1993). Söz konusu yöntemler, anket, yüksek sesle düşünme yöntemlerini içermektedirler. Anket yöntemleri kullanılabilirlik analizinde en çok kullanılan yöntemlerdendir. Bu kapsamda, farklı tipteki sistemleri irdelemek üzere uzmanlaşmış çok sayıda anket yöntemi vardır. Bunlar arasında Software Usability Measurement Inventory (SUMI) ve Website Analysis Measurement Inventory (WAMMI) başlıklı anketler, güncel yazılımların kullanılabilirliğini ölçmekte oldukça etkilidirler (Nielsen, 1993; Kirakowski ve diğ., 1998). Yüksek sesle düşünme yöntemi ise; kullanıcının yazılımı kullanırken bir yandan da sistem hakkındaki görüşlerini, zorlandığı ve beğendiği noktaları dile getirmesine dayanan bir yöntemdir. Günümüzde bu yöntem, anket yönteminin yeterli olmadığı video oyunlarının değerlendirilmesinde başvurulduğu görülmektedir (Nielsen, 1993; Kirakowski ve diğ., 1998). Kullanılabilirlik analizinde uygulanan diğer bir yöntem grubu ise uzman değerlendirmeleridir. Bu metodlar, kullanılabilirlik alanında deneyime sahip bir ya da daha fazla uzmanın, yazılım sistemini inceleyerek kullanıcıların yanlış anlaması muhtemel noktaları ve olası kullanıcı hatalarını tespit etmesine dayanmaktadır (Nielsen, 1993). Uzman değerlendirmeleri kapsamında, sezgisel değerlendirme ve kavramsal gidişat yöntemleri uygulanmaktadır. Sezgisel değerlendirme yöntemi, Nielsen (1993) tarafından ortaya çıkarılmıştır. Nielsen (1993) yöntem kapsamında kullanılabilirlik parametrelerini 10 kural içerisinde özetlemektedir. “Esneklik ve verimlilik”, “kullanıcı kontrolü ve özgürlüğü”, “devamlılık ve standartlar”, “estetik ve minimalist tasarım”, “hatırlama yerine anlama”, “sistem durumunun görünürlüğü, sistem ve gerçek hayatın eşleşmesi” şeklinde belirlenen 7 kural, ara yüz tasarımına ilişkin olarak uyulması gereken kurallardır. Bunlar etkinlik, verimlilik, öğrenilebilirlik ve memnuniyet ölçütlerini temsil etmektedir. “Hata önleme”, “kullanıcıların hataları anlama, tanımlama ve hatalardan kaçınmasına yardım”, “yardım ve dokümantasyon” olarak bildirilen 3 kural ise yardım ölçütüne ilişkindir. Kullanılabilirlik değerlendirmesini bir kontrol listesi aracılığı ile yapan uzman, incelediği yazılım sistemi ara yüzünü bu kurallar çerçevesinde değerlendirmektedir (Nielsen, 1993). Kavramsal Gidişat (Cognitive Walkthrough) yöntemi, tasarım aşamasında yer almayan bir uzman ya da uzman grubunun, kullanıcının sistem üzerinde gerçekleştirmek istemesi muhtemel görevleri belirleyerek, kullanıcının görevi gerçekleştirme esnasında karşılaşılabileceği sorunları ve yanlışları öngörmesine dayanmaktadır. Kavramsal gidişat metodolojisinin işlemesi için önce kullanıcıların ve senaryoların tanımlanması, sonra senaryo aşamalarında kullanıcıların yapması muhtemel eylemlerin belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra uzman, eylem aşamaları üzerinden ilerleyerek kullanıcıların muhtemel yanlış ve hatalarını tespit etmeye çalışır (Lewis ve Wharton, 1997).

Kullanılabilirlik analizinde kullanılan üçüncü yöntem grubu ise kullanıcı testleridir. Yöntemde, yazılım sisteminin hedeflediği bir kullanıcı grubundan, önceden oluşturulmuş senaryolarda belirtilen görevleri yazılımı kullanarak gerçekleştirmeleri istenir. Nielsen (1993)'e göre, bu tip sistemleri test etmek için 5 adet katılımcı yeterli olabilmekte ve bu katılımcılar mevcut hataları %75 oranında saptayabilmektedir. Denek sayısı yükseldiğinde tespit edilen hataların sayısı dikkat çekici bir artış göstermemektedir. Yöntem kapsamında her bir kullanıcı için yazılım sistemi ara yüzünü kullanırken izlediği yollar, yaptığı hatalı ve doğru işlemler süreleri ile birlikte gözlemlenerek ölçülmektedir. Bu amaçla, önceden hazırlanmış ara yüz ve işlem akışı şemalarından yararlanılabileceği gibi video kayıtlarından ve özel yazılımlardan da yararlanmak mümkündür (Nielsen, 1993).

Kullanılabilirlik analizinde kullanılan dördüncü yöntem grubu ise biyometri analizleridir. Biyometri analizlerinde, kullanıcının fiziksel tepkilerinden yola çıkılarak; kullanılabilirlik değerlendirilmeye çalışılır. Söz konusu analiz

yöntemi, kullanıcı testleri ile bir arada kullanılmaktadır (Nielsen, 1993). Biyometri analizleri kapsamında, gözle takip (eye-tracking), EEG yöntemleri uygulanmaktadır. Gözle takip yönteminde kullanıcının ara yüz üzerinde gözü ile odaklandığı noktalar belirlenerek; gözün bu noktalar arasındaki hareketi ve bu noktalardaki odaklanma süresi ölçülmektedir. Yöntemin uygulanması için özel donanım ve yazılımlar gerekli olup, elde edilen verilerin yorumlanması yoğun uzmanlık gerektirmektedir (Nielsen, 1993). EEG yönteminde ise; deneysel anlamda yürütülen bazı çalışmalarda, beynin elektriksel aktivitesini ölçen EEG cihazından yararlanılmaktadır. Ancak gerek özel donanım ve yazılım ihtiyacından kaynaklanan maliyet, gerekse elde edilen verilerin analizinin güçlüğü ve beyinsel aktivite dışındaki fiziksel tepkilerin elde edilen verileri etkilemesi nedeni ile yaygın kullanılan bir yöntem değildir (Faulkner, 2003). Yöntemler arasında kullanıcı testleri, gerçek kullanıcılarla yapılan en temel kullanılabilirlik değerlendirme yöntemleri olarak ifade edilmektedir (Nielsen, 1993). En çok başvuru alan kullanılabilirlik ölçütleri ise özellikli bir görev için kullanıcının tamamlama süresi, belirlenen süre içerisinde yapılan görev sayısı, başarılan görevler ve hataların oranı, hataları düzeltmek için harcanan süre, kullanıcıların hata sayısı, art arda yapılan hata sayısı, kullanıcıların yapmakla yükümlü olduğu komut sayısı, kullanıcılar tarafından hiçbir zaman kullanılmayan komut sayısı, test bitiminden sonra kullanıcıların hatırladığı sistem özelliklerinin sayısıdır (Nielsen, 1993).

Bu çalışmada, Moodle 2.0 (2.5.1) ve 3.0 (3.3.4) sürümlerine ait web sitelerinin kullanılabilirliğinin öğrenciler açısından değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, her iki sürüm etkililik ve kullanıcı memnuniyeti açılarından değerlendirilmiştir. Moodle, açık kaynak kodlu, ücretsiz, çevrimiçi web tabanlı bir öğrenim yönetim sistemidir. Moodle 3.0 (3.3.4), Moodle 2.0 (2.5.1) web tabanlı sistemin geliştirilmiş bir sürümüdür. Moodle sisteminin, belirli aralıklarla, sürekli güncellenmekte ve yeni sürümleri bu şekilde geliştirilerek yayınlanmaktadır. Çalışmada değerlendirilen 2.5.1 sürümü, 8 Temmuz 2013, 3.3.4 sürümü ise 15 Ocak 2018 'de yayınlanmıştır (Moodle, 2019c). Her iki sürüm de, teste katılan kullanıcıların bulunduğu kurumda tüm programlardaki öğretim elemanları ve öğrenciler tarafından ortak olarak kullanılmaktadır. Tüm kurum genelinde kullanıldığı için, kurumun bilgi işlem sistem yöneticileri kuruma, Moodle sürümlerinin hangisinin kurulacağına karar verirken; en yeni sürümden ziyade öncelikli olarak kararlı (stable) çalışan sürümleri tercih etmişlerdir. Alt sürüm güncellemelerinde, örneğin 3.3.4 sürümünden 3.3.5'e geçildiğinde küçük (minor) değişiklikler (hata ve güvenlik açıklarını giderme, iyileştirme gibi) yapılmıştır (Moodle, 2019b). Fakat sürüm 2 den sürüm 3'e geçerken, sistemde çok daha büyük (major) değişiklikler (kullanıcı izinleri, giriş ve yedekleme yöntemleri gibi) gerçekleştirilmiştir (Moodle, 2019a).

Çalışmada, değerlendirme ve karşılaştırma amacıyla kullanılabilirlik test yöntemi uygulanmıştır. Test yönteminde Morae kullanılabilirlik test programından yararlanılmıştır. Bu doğrultuda, hedef kullanıcı olarak bir vakıf üniversitesinin Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde eğitim gören 2., 3. ve 4. sınıf öğrencileri seçilmiştir. Çalışma, Moodle 3.0 (3.3.4), Moodle 2.0 (2.5.1) sürümlerinin Morae yazılımı kullanılarak endüstri mühendisliği öğrencileri açısından karşılaştırmalı kullanılabilirlik analizini gerçekleştiren ilk çalışma olması açısından orijinal bir çalışmadır.

Çalışmanın geri kalan bölümlerinin organizasyonu ise şu şekildedir: İkinci bölümde kullanılabilirlik açısından literatürde gerçekleştirilen çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, gerçekleştirilen uygulama anlatılmıştır. Dördüncü bölümde sonuç ve tartışmalar sunulmuştur.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Web sitelerinin kullanılabilirliğinin araştırılması ile ilgili çalışmalar son yıllarda artış göstermektedir. Bununla birlikte, Moodle üzerine yapılmış birçok kullanılabilirlik değerlendirme çalışması bulunmaktadır. Bu çalışmalara aşağıda özetle değinilmiştir.

Graf ve List (2002), açık kaynak kodlu e-öğrenim platformlarında yaşanan adaptasyon sorunları üzerine bir araştırma yapmıştır. Açık kaynak kodlu dokuz adet e-platform, farklı açılardan değerlendirilmiştir (Graf ve List, 2002). Değerlendirme sonucunda, Moodle ÖYS'nin kullanılabilirlik konusunda diğer e-platformlardan daha iyi sonuçlar aldığı görülmüştür. Melton (2006), Moodle ÖYS'nin kullanılabilirliğinin değerlendirmesinde kullanılabilirlik testlerini kullanmıştır. Moodle ÖYS'nin kayıt ve ödev gönderme görevinin kullanılabilirliği dört katılımcı ile test edilmiştir. Görevlere göre zaman ölçümleri yapılmıştır. Sonuç olarak; bilgisayar kullanımındaki beceri seviyelerinin görevlerin tamamlanma süreleri üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir (Melton, 2006). Kakasevski, Mihajlov, Sime ve Chungurski (2008), tarafından Moodle'ın kullanılabilirliği üzerine yapılan çalışmada 84 öğrenci üzerinde üç farklı anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anketler kapsamında kolay kullanım, etkinlik, etkililik, hatırlanabilirlik ve memnuniyet ölçümleri yapılmıştır. Moodle ÖYS'nin her bir özellik açısından iyi puanlar aldığı görülmüştür (

Kakasevski, Mihajlov, Sime ve Chungurski, 2008). Kirner, Custodio ve Kirner (2008), Moodle ÖYS'nin kullanılabilirliğini eğitmenler açısından incelemişlerdir. Toplam 30 eğitmen üzerinde uyguladıkları iki farklı anketin sonuçlarına göre; Moodle ÖYS'nin kullanılabilirlik seviyesinin memnun edici düzeyde olduğu saptanmıştır (Kirner, Custodio ve Kirner, 2008). Tee, Wook ve Zainudin (2013) tarafından, yerel bir kolejde kullanılan Moodle uygulaması, öğrencinin ve öğretim elemanının deneyimine dayanan bir kullanıcı testi ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; Moodle uygulaması kapsamındaki sorunları iyileştirebilecek olası çözümler tanımlanmıştır (Tee, Wook ve Zainudin, 2013). Ivanović ve diğ. (2013), Moodle ile ilgili öğrenci ve öğretmen deneyimlerini yansıtmak için derlenen anketlerin sonuçlarını sunmuşlardır. Çalışmanın ana odağı, Moodle'ın işlevlerini kullanırken kullanılabilirlik ve gizlilik ile ilgili görüş, beklenti ve problemler hakkında fikir vermektir (Ivanović ve diğ., 2013).

Ünal ve Ünal (2014) tarafından yapılan çalışmada, 2008-2009 yıllarında kullanılan iki farklı kurs yönetim sistemi olan BlackBoard ve Moodle arasında karşılaştırmalı bir kullanılabilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya 2008 sonbaharında ve 2009 baharında Eğitim Teknolojisine Giriş dersine kayıtlı 135 öğrenci katılmıştır (Unal ve Unal, 2014). Şenol, Gecili ve Onay (2014), Kocaeli Üniversitesi tarafından kullanılan Moodle'm kullanılabilirliğini değerlendirmek için 413 öğrencinin katılımıyla kullanılabilirlik problemlerini belirlemeye çalışmışlardır. Kullanılabilirlik problemlerini, öğrenilebilirlik, verimlilik, hafızaya alma, hatalar ve sistemin memnuniyeti boyutları altında belirlemek için bir anket uygulanmıştır (Senol,Gecili ve Onay, 2014). Farmanesh, Samani ve Magusa (2016) tarafından yapılan çalışmada, Doğu Akdeniz Üniversitesi'nde bulunan öğrenciler açısından sezgisel değerlendirme kullanılarak; Moodle'ın kullanılabilirliği analiz edilmiş ve problemler belirlenmiştir (Farmanesh, Samani ve Magusa, 2016). Hasan (2018) tarafından, Moodle ÖYS'nin masaüstü ve mobil ara yüzlerdeki kullanılabilirlik problemleri öğrencilerin bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, bir anket tasarlanarak Ürdün'deki üniversitelerin birinde iki kursa kaydolmuş 155 öğrenciye Moodle aracılığıyla yaptırılmıştır (Hasan, 2018). Suner (2018) tarafından, Moodle ile internet destekli biyoistatistik eğitimi alan öğrencilerin e-öğrenme süreçlerine ilişkin hazır bulunuşluk durumlarının, düşüncelerinin ve memnuniyetlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. 2015-2016 ile 2016-2017 eğitim ve öğretim yıllarında biyoistatistik anabilim dalında Moodle ortamındaki lisans ve yüksek lisans derslerini alan 19 öğrenci çalışmaya alınarak, bu öğrencilere 26 soruluk e-öğrenme sürecine ilişkin hazır bulunuşluk ve beklenti ölçeği (HBBÖ) ile 29 soruluk e-öğrenme sürecine ilişkin memnuniyet ölçeği (MÖ) uygulanmıştır (Suner, 2018). Aliyu, Arasanmi ve Ekundayo (2019) işletme öğrencilerinin demografik özelliklerinin Moodle kullanımı ve kabullenmesi üzerindeki etkilerini AMOS programını kullanarak araştırmışlardır (Aliyu, Arasanmi ve Ekundayo, 2019).

Literatür araştırmasından da görüldüğü gibi Melton (2006)'un, çalışması dışında incelenebilen diğer tüm çalışmalarda, kullanılabilirlik değerlendirmelerinin anketler yardımı ile yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmada Melton (2006)'un çalışmasından farklı olarak; Morae kullanılabilirlik test programının uygulanmasıyla farklı kriterler dikkate alınarak Endüstri Mühendisliği öğrencileri açısından Moodle'ın iki farklı sürümünün kullanılabilirliği analiz edilmiştir. Çalışma, öğrenciler arasında ön görülen görevlerin gerçekleştirilmesi sırasında kullanılabilirlik kriterleri açısından karşılaştırmaların yapılması yönüyle de orijinallik içermektedir. Bu nedenle, kullanılabilirlik literatürüne katkı sağlayabilecek özellikte bir çalışmadır.

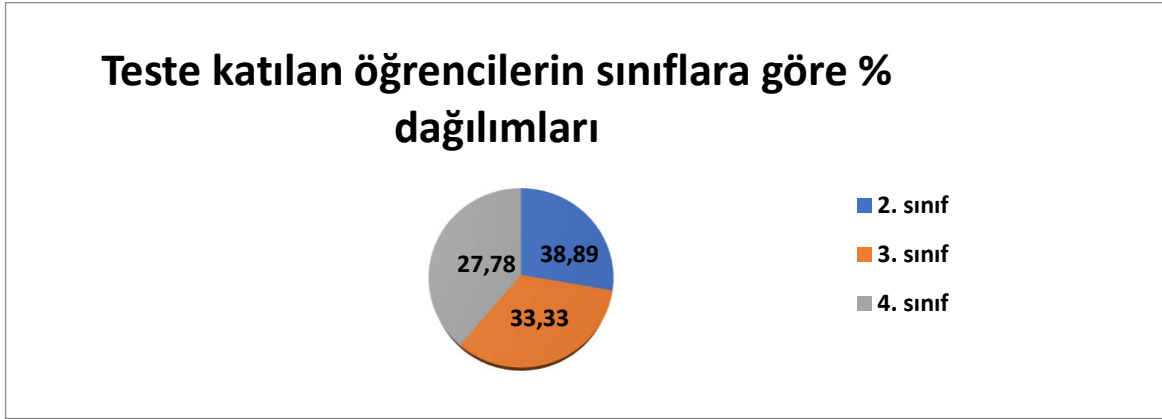
3. Yöntem

Bu çalışmada Moodle ÖYS'nin iki farklı sürümüne ilişkin kullanılabilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında katılımcıların önceden belirlenen görevleri yerine getirme performansları Morae V3 2.1 kullanılabilirlik test programı aracılığıyla ölçülmüştür. Kullanılabilirlik testlerini gerçekleştiren günümüzde çok sayıda program bulunmaktadır. Bu programlar içerisinde yapılacak istenen analize en uygun olan Morae programı olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte Morae programı, kullanılabilirlik gurusu olarak nitelendirilen Jacob Nielsen tarafından da tavsiye edilmektedir. Nielsen tarafından “Morae piyasaya çıktığından beri kullanıcı testleri daha etkin yapılmaktadır.” (“User testing has become much more efficient since Morae has been on the market”) vurgusuyla da, kullanılabilirlik testlerinin Morae programı ile gerçekleştirilmesinin önemi belirtilmiştir (TechSmith, 2007). Çalışmada, kullanılabilirlik boyutları arasından etkililik ve memnuniyet boyutları dikkate alınmıştır.

3.1. Katılımcılar

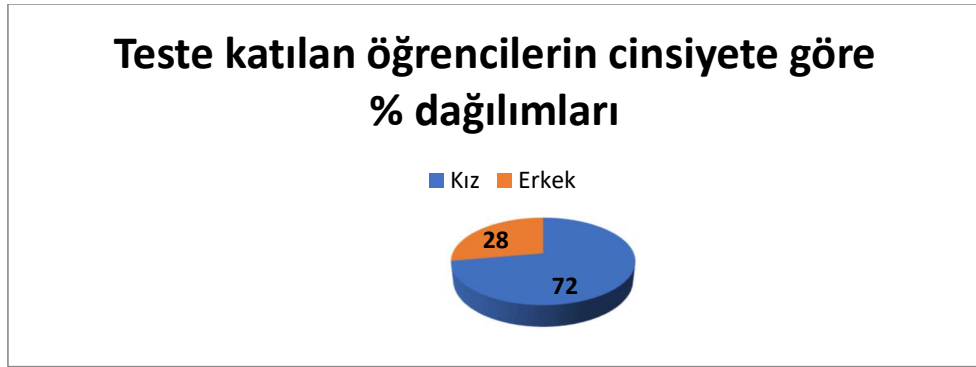
Hedef kullanıcı kitlesi olarak; Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde 2., 3. ve 4. sınıflarda okuyan toplam 18 öğrenci belirlenmiştir. Nielsen (1993)'e göre, bu tip sistemleri test etmek için 5 adet katılımcı yeterli olabilmekte, bu katılımcılar mevcut hataları %75 oranında saptayabilmektedir. Denek sayısı yükseldiğinde tespit edilen hataların sayısı dikkat çekici bir artış göstermemektedir. Yaklaşık %90'lık bir güvenilirlik

seviyesinde sonuçlar elde edebilmek için; 13 kullanıcının değerlendirilmesi gereklidir (Nielsen, 1998). Teste 1. sınıfların dahil edilmemesinin sebebi, 2018-2019 öğretim yılında 1. sınıfta olan öğrencilerin Moodle ÖYS web sitesi sürüm 2.0 (2.5.1)'ı kullanmamış olmaları ve ilk olarak sürüm 3.0 (3.3.4) ile karşılaşmalarıdır. 18 katılımcının 13'ü kız, 5'i erkek öğrencidir. Sınıf dağılımı açısından 5 ikinci sınıf öğrencisi, 6 üçüncü sınıf öğrencisi, 7 dördüncü sınıf öğrencisi teste katılmıştır. Teste katılan öğrencilerin yüzdesel olarak sınıf bazında dağılımları Şekil 1'de gösterilmiştir. Teste katılan 2. Sınıf öğrencileri, bölüme kaydoldukları ilk yıl, sistemin 2.0 (2.5.1) sürümünü bir yıl süre ile, 3. ve 4. sınıf öğrencileri ise, bir yıldan daha fazla süre kullanmışlardır. Sistemin 3.0 (3.3.4) sürümü ise, teste katılan tüm öğrenciler tarafından bir yıl süre ile kullanılan daha yeni bir sürümdür. Kurumda sürüm değişikliği için paralel geçiş stratejisinin tercih edilmesi nedeniyle, her iki sürüme erişim öğretim elemanlarının tercihine bırakılmıştır. Bu sayede her iki sürüm de test edilebilmiştir.



Şekil 1. Öğrencilerin yüzdesel olarak sınıf bazında dağılımları

Teste katılan öğrencilerin yüzdesel olarak cinsiyet bazında dağılımları ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Öğrencilerin yüzdesel olarak cinsiyet bazında dağılımları

3.2. Deney Yönetimi

Çalışmada, Moodle ÖYS'nin kullanılabilirliği, etkililik ve memnuniyet boyutlarında incelenmiştir. Söz konusu boyutları değerlendirebilmek için beş farklı kriter dikkate alınarak, etkililik ve memnuniyet boyutları ile ilişkilendirilmiştir. Etkililik boyutu ile, görev tamamlanma süresi, fare tıklama sayısı, iki veri girişi arasında geçen süre, fare hareket mesafesi incelenirken, memnuniyet boyutunda ise kullanıcı memnuniyet düzeyleri ve sistem kullanılabilirlik skoru (system usability score-SUS) dikkate alınmıştır.

Değerlendirme kapsamında, öğrencilerin en çok kullandığı sistem özellikleri gözlemlenerek, Moodle ÖYS'yi mümkün olduğu kadar çok temsil eden görevler belirlenmiştir. Nielsen'e (1993) göre, yazılımın kullanılabilirlik değerlendirmesi için test görevlerine karar verilirken temel kural kullanıcıların yapabileceği işleri mümkün olduğu kadar temsil etmesidir (Nielsen, 1993). Çalışmadaki test görevleri seçilirken, çalışmanın araştırmacıları tarafından öğrencilerin en

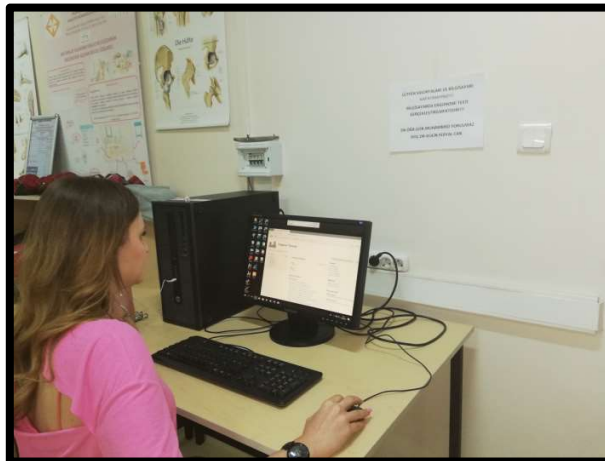
çok gerçekleştirdikleri faaliyetler arasından seçilmiştir. Test amaçlı tasarlanan görevler aşağıda Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Test görevleri

Görev no	Görevin kısa açıklaması	Görev tanımı
1	Profile fotoğraf ekleme	Profilinize masa üstündeki fotoğraf isimli dosyayı profil resmi olarak ekleyiniz.
2	Dosya indirme	25 Ekim – 31 Ekim tarihleri arasında bulunan “örnek ders materyali” isimli dosyayı masa üstüne indiriniz.
3	Sisteme dosya yükleme	18 Ekim – 24 Ekim tarihleri arasında bulunan haftaya masa üstünde bulunan “ödev 1” isimli dosyayı yükleyiniz.
4	Notuna bakma	Birinci mini sınav notunuza bakınız.
5	Eğitmene mesaj atma	Eğitmene “ödevi gönderdim” şeklinde bir mesaj atınız.

Görevlere analizde yer verilmesindeki amaç; katılımcıların birebir Moodle ÖYS web sitesini kullanarak; görevler tamamlandıktan sonra memnuniyet anketini doldurmasını sağlamaktır. Bununla birlikte, katılımcı görevleri gerçekleştirirken kullanılabilirlik analizinde değerlendirilmek istenen farklı kriterlere ilişkin de ölçümler alınabilmektedir.

Analiz kapsamında bir adet bilgisayar (Intel i7 işlemci, 8 GB RAM, Windows 10 işletim sistemi), bir adet mikrofon, Morae V3 kullanılabilirlik test programı, Microsoft Edge Internet tarayıcısı kullanılmıştır. Mikrofon; sesli düşünme tekniğinin uygulanması esnasında ses kaydının alınarak bilgisayara kaydedilmesi için kullanılmıştır. Ancak çalışma kapsamında ses kayıtları dinlenmemiştir. Bu kayıtlar gelecek dönemdeki çalışmalarda kullanılabilirliğin farklı boyutlarının analizinde kullanılacaktır. Analiz için mühendislik fakültesinin ergonomi ve iş etüdü laboratuvarı kullanılmıştır. Kuruma ait ergonomi çalışmaları için ayrılmış bir laboratuvar olduğu için özel bir izin alınması gerekmemiştir. Çalışma kapsamında tasarlanan laboratuvar düzeni Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Ergonomi ve iş etüdü laboratuvarı

Analizler, test gözlemcisi ile katılımcının bulunduğu Şekil 3'te gösterilen laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Testin gerçekleştirilmesi için her bir katılımcı tek tek laboratuvara alınmıştır ve test esnasında bir test gözlemcisi laboratuvarında bulunmuştur.

Testler için kullanılan Morae V3 paket programı, kullanıcı eylemlerini (kullanıcı yüzü, ses, ekran, fare hareketlerini) kaydederek; standart ölçüm (fare tıklama sayısı, fare hareket mesafesi, görev süresi gibi) verilerini otomatik olarak sağlayabilmektedir. Testler sonucunda elde edilen veriler ve memnuniyet anketi sonuçları Morae V3 paket programı ile toplanmış, analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Kullanılan memnuniyet anketi Morae yazılımının kendi içerisinde bulunan bir ankettir. Analize başlamadan önce katılımcılara testin amacı, içeriği hakkında bilgi verilmiştir. Şekil 4'te, yapılan bilgilendirme toplantılarına ilişkin bir görüntü yer almaktadır. Bu toplantılardan sonra, Morae programı ile test başlatılmıştır. Test esnasında görevler birer birer ekranda bir pencere halinde görülmektedir. Her bir katılımcı beş farklı görevi bitirdikten sonra memnuniyet anketini doldurmuştur. Söz konusu görevler, birer gün arayla aynı katılımcının Moodle sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle sürüm 3.0 (3.3.4)'ü ayrı ayrı kullanmalarıyla gerçekleştirilmiştir. Test oturumları sırasında sesli düşünme yöntemi kullanılmıştır. Nielsen'e (1993) göre, sesli düşünme yöntemi ara yüz ve kullanıcı arasındaki en önemli problemleri anlamak için kullanılan etkin bir yaklaşımdır. Bu nedenle, test süresince katılımcıların sesli düşünceleri ve adım adım neyi neden yaptıklarını anlatmaları istenmiş ve ses kayıtları alınmıştır. Söz konusu kayıtların alınması için araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak katılımcıların izinlerine başvurulmuştur.



Şekil 4. Bilgilendirme toplantısı

4. Bulgular

Bu bölümde ilk olarak kullanılabilirlik açısından dikkate alınan kriterlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. İkinci olarak ise, söz konusu kriterler açısından öğrenciler arasında fark olup olmadığı belirlenmiştir.

4.1. Kullanılabilirlik Kriterlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

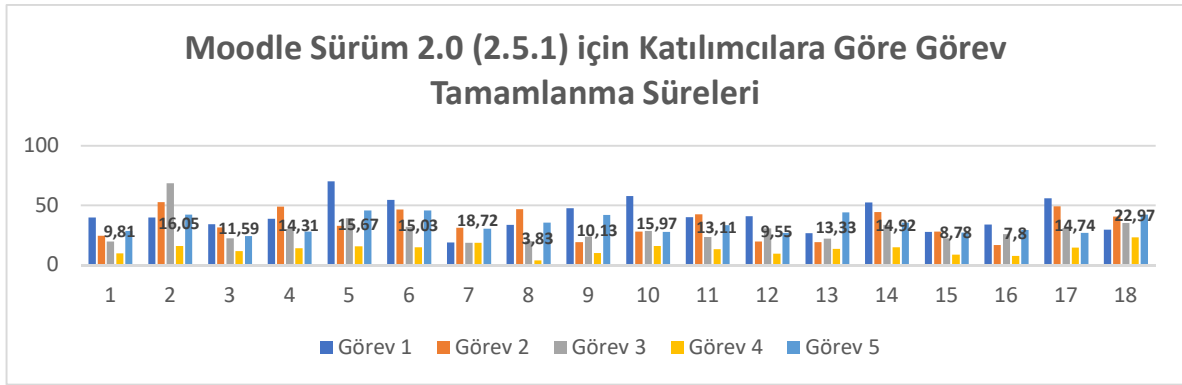
4.1.1. Görev tamamlanma süresine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için görev tamamlanma süresine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de ve her bir katılımcının her bir görevi tamamlama süresi ise Şekil 5'te verilmiştir.

Tablo 2. Moodle sürüm 2.0 (2.5.1) için görev tamamlanma süresine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Görev 1	Görev 2	Görev 3	Görev 4	Görev 5
Minimum (sn)	19,02	16,77	18,72	3,83	24,53
Maksimum (sn)	70,06	55,14	68,5	22,97	45,91
Ortalama (sn)	41,28	34,61	29,28	13,13	34,26
Standart Sapma (sn)	12,96	12,02	11,45	4,41	7,50

Tablo 2’den de görüldüğü gibi, görev 1 en uzun sürede (70,06 sn.) gerçekleştirilirken, görev 4 en kısa sürede (3,83 sn.) tamamlanabilmektedir.

**Şekil 5.** Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için her bir katılımcının beş farklı göreve ilişkin tamamlanma süreleri

Şekil 5’te görüldüğü gibi (sadece görev 4 için süreler grafik üzerindedir.) 5 numaralı öğrenci görev 1’i en uzun sürede tamamlamıştır. Görev 4’ü ise 8 numaralı öğrenci en kısa sürede tamamlamıştır.

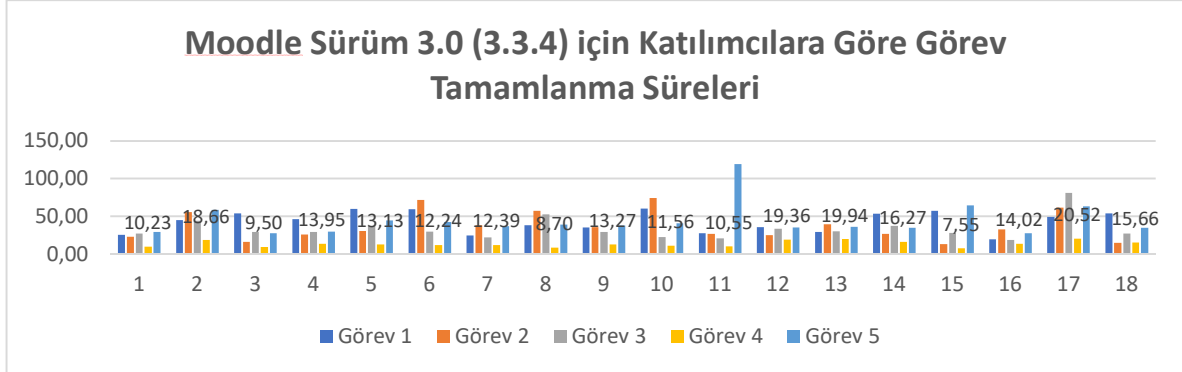
Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için görev tamamlanma süresine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ise aşağıda Tablo 3’te ve her bir katılımcının her bir görevi tamamlama süresi ise Şekil 6’da verilmiştir.

Tablo 3. Moodle sürüm 3.0 (3.3.4) için görev tamamlanma süresine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Görev 1	Görev 2	Görev 3	Görev 4	Görev 5
Minimum (sn)	19,50	13,39	18,80	7,55	28,02
Maksimum (sn)	60,55	74,64	81,30	20,52	119,55
Ortalama (sn)	43,16	37,38	33,48	13,75	44,74
Standart Sapma (sn)	13,76	19,09	14,57	3,94	21,79

Tablo 3’ten de görüldüğü gibi, görev 5 en uzun süreye (119,55 sn.) sahipken, görev 4 en kısa sürede (7,55 sn.) tamamlanabilmektedir.

Şekil 6’da görüldüğü gibi (sadece görev 4 için süreler grafikte verilmiştir.), 11 numaralı öğrenci görev 5’i en uzun sürede tamamlamıştır. Görev 4’ü ise 15 numaralı öğrenci en kısa sürede tamamlamıştır



Şekil 6. Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için her bir katılımcının beş farklı görevi tamamlama süreleri

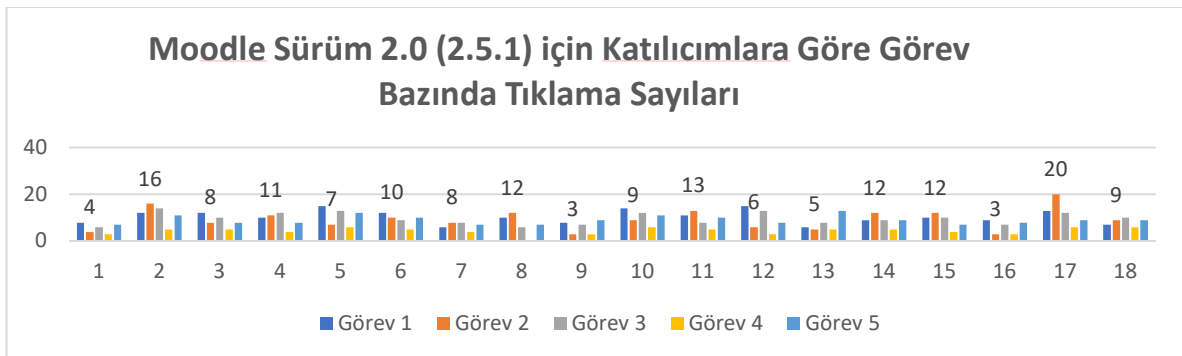
4.1.2. Fare tıklama sayısına ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için fare tıklama sayısına ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda Tablo 4’te ve her bir katılımcının görevlere ilişkin fare tıklama sayıları ise Şekil 7’de verilmiştir.

Tablo 4. Moodle sürüm 2.0 (2.5.1) için fare tıklama sayısına ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Görev 1	Görev 2	Görev 3	Görev 4	Görev 5
Minimum (adet)	6	3	6	0	7
Maksimum (adet)	15	20	14	6	12
Ortalama (adet)	10,39	9,33	9,67	4,33	9,06
Standart Sapma (adet)	2,83	4,50	2,52	1,53	1,80

Tablo 4’ten de görüldüğü gibi, en fazla tıklama sayısı görev 2’de ortaya çıkmıştır. En az tıklama sayısı ise yine görev 2’ye aittir. Görev 4’te ortaya çıkan “0” tıklama sayısı, ilgili öğrencinin görev 4’ü gerçekleştirmediği anlamını taşımaktadır.



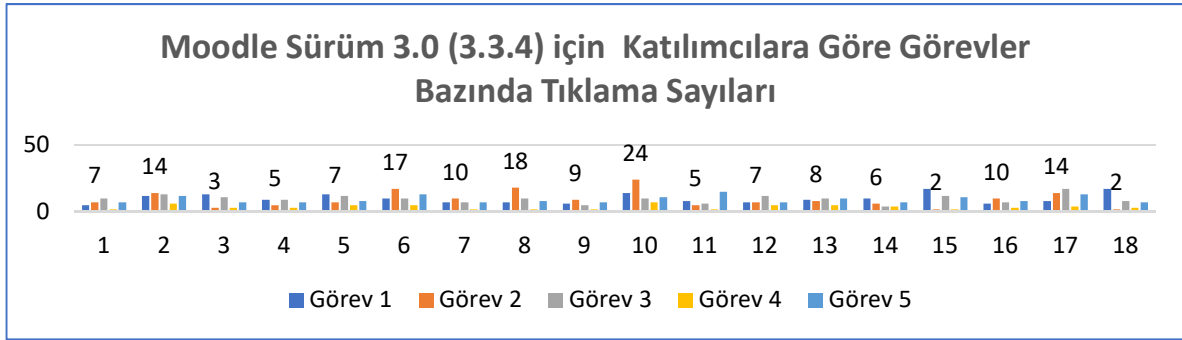
Şekil 7. Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için her bir katılımcının beş farklı göreve ait fare tıklama sayıları

Şekil 7’de görüldüğü gibi 17 numaralı öğrenci görev 2’yi gerçekleştirirken en fazla fare’yi tıklamıştır. Görev 2’de ise 16 numaralı öğrenci en az tıklama ile görevi gerçekleştirmiştir. Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için fare tıklama sayısına ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda Tablo 5’te ve her bir katılımcının görevlere ilişkin tıklama sayıları ise Şekil 8’de verilmiştir.

Tablo 5. Moodle sürüm 3.0 (3.3.4) için fare tıklama sayısına ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Görev 1	Görev 2	Görev 3	Görev 4	Görev 5
Minimum (adet)	5,00	2,00	4,00	2,00	7,00
Maksimum (adet)	17,00	24,00	17,00	7,00	15,00
Ortalama (adet)	9,89	9,33	9,61	3,61	9,17
Standart Sapma (adet)	3,68	5,98	3,15	1,58	2,66

Tablo 5’ten de görüldüğü gibi, en fazla tıklama sayısı görev 2’de ortaya çıkmıştır. En az tıklama sayısı ise görev 2 ve görev 4’e aittir.



Şekil 8. Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için her bir katılımcının beş farklı görev bazında fare tıklama sayıları

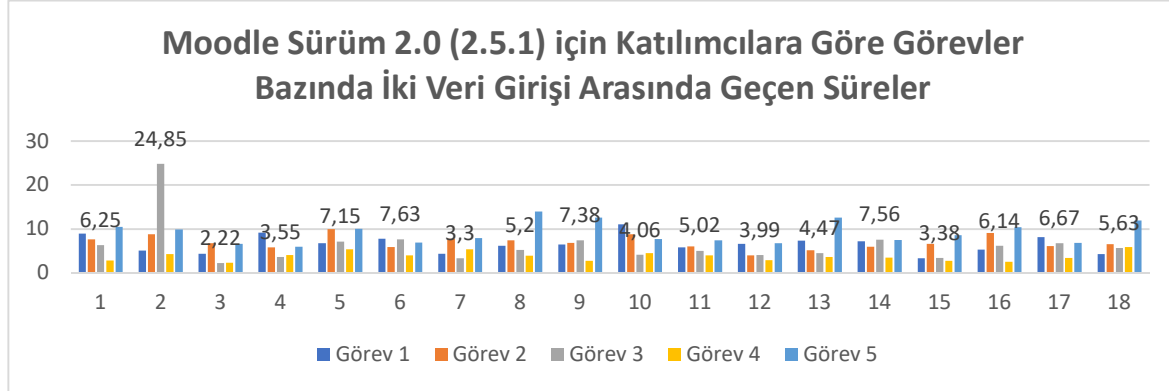
Şekil 8’de görüldüğü gibi 10 numaralı öğrenci görev 2’yi gerçekleştirirken en fazla fare’ye tıklamıştır. Görev 2’de, 15 ve 18 numaralı öğrenciler en az tıklama ile görevi gerçekleştirmiştir. Görev 4’te ise 1, 9, 10, 11, 14 ve 18 numaralı öğrenciler tarafından en az tıklama gerçekleştirilmiştir.

4.1.3. İki veri girişi arasında geçen süreye ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için iki veri girişi arasında geçen süreye ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda Tablo 6’da ve her bir katılımcının görevler bazında iki veri girişi arasında geçen süreleri ise Şekil 9’da verilmiştir. Tablo 9’dan da görüldüğü gibi, en uzun iki veri girişi arasında geçen süre görev 3’e aittir. En kısa süre ise yine görev 3’te ortaya çıkmıştır.

Tablo 6. Moodle sürüm 2.0 (2.5.1) için iki veri girişi arasında geçen süreye ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Görev 1	Görev 2	Görev 3	Görev 4	Görev 5
Minimum (sn)	3,26	3,92	2,22	2,32	5,89
Maksimum (sn)	11,03	9,99	24,85	5,81	13,95
Ortalama (sn)	6,53	6,92	6,36	3,74	9,10
Standart Sapma (sn)	1,99	1,53	4,90	1,04	2,46



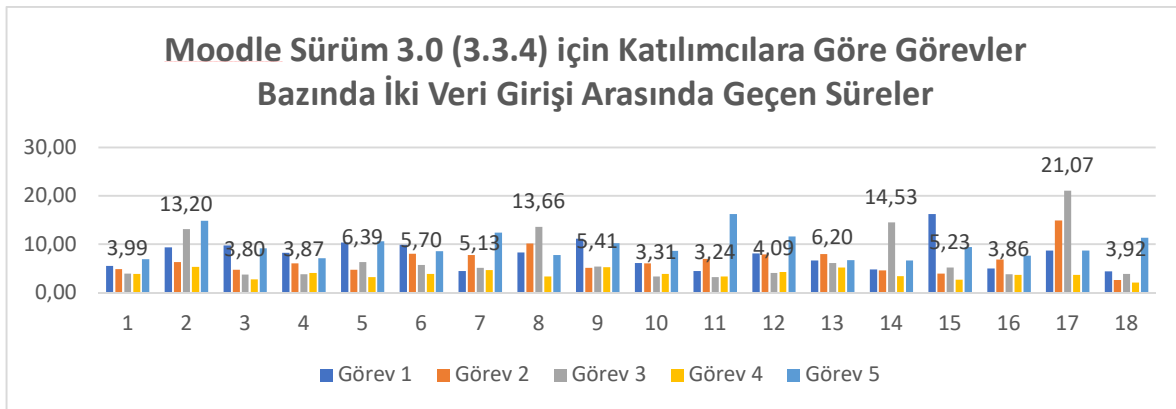
Şekil 9. Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için her bir katılımcının beş farklı görev için iki veri girişi arasında geçen süreleri

Şekil 9'da görüldüğü gibi 2 numaralı öğrenci görev 3'ü gerçekleştirirken en fazla iki veri girişi arasında geçen süre ortaya çıkmıştır. 3 numaralı öğrenci görev 3'ü gerçekleştirirken ise en kısa iki veri girişi arasında geçen süre yaşanmıştır. Moodle sürüm 3.0 (3.3.4) için iki veri girişi arasında geçen süreye ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda Tablo 7'de ve her bir katılımcının görev bazında iki veri girişi arasında geçen süresi ise Şekil 10'da verilmiştir.

Tablo 7. Moodle sürüm 3.0 (3.3.4) için iki veri girişi arasında geçen süreye ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Görev 1	Görev 2	Görev 3	Görev 4	Görev 5
Minimum (sn)	4,41	2,63	3,24	2,10	6,67
Maksimum (sn)	16,28	14,92	21,07	5,34	14,88
Ortalama (sn)	7,89	6,66	7,03	3,84	9,73
Standart Sapma (sn)	3,08	2,74	5,05	0,91	2,74

Tablo 7'den de görüldüğü gibi, en uzun iki veri girişi arasında geçen süre görev 3'e aittir. En kısa süre ise görev 4'te ortaya çıkmıştır.



Şekil 10. Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için her bir katılımcının beş farklı görev için iki veri girişi arasında geçen süreleri

Şekil 10'dan da görüldüğü gibi, en uzun iki veri girişi arasında geçen süre görev 3'ü gerçekleştiren 17 numaralı öğrenciye aittir. En kısa süre ise görev 4'ü gerçekleştiren 18 numaralı öğrenciye aittir.

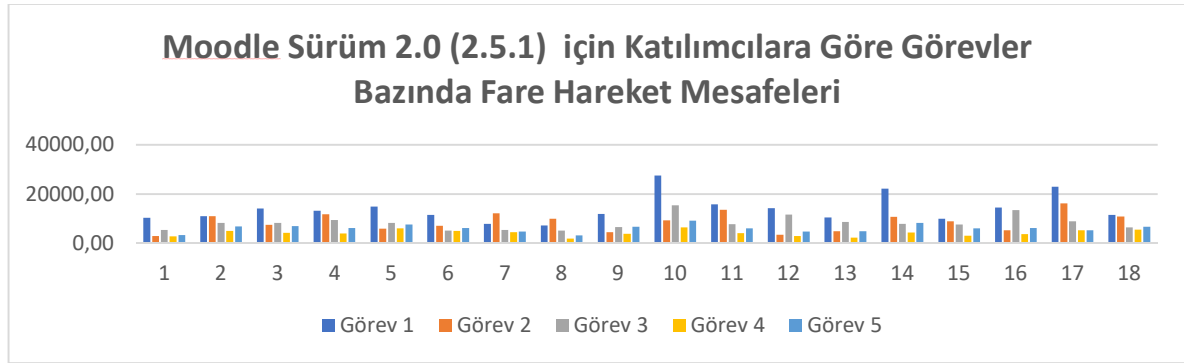
4.1.4. Fare hareket mesafesine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Moodle sürüm 2.0 (2.5.1) için fare hareket mesafesine ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda Tablo 8’de ve her bir katılımcının görev bazında fare hareket mesafesi ise Şekil 11’de verilmiştir.

Tablo 8. Moodle sürüm 2.0 (2.5.1) için fare hareket mesafesine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Görev 1	Görev 2	Görev 3	Görev 4	Görev 5
Minimum (piksel)	7304,92	3095,17	5220,97	2005,55	3256,13
Maksimum (piksel)	27540,64	16313,82	15407,21	6564,10	9254,52
Ortalama (piksel)	13999,06	8726,96	8381,93	4232,40	6135,81
Standart Sapma (piksel)	5329,34	3706,13	2800,68	1236,12	1561,67

Tablo 8’den görüldüğü gibi en uzun fare hareket mesafesi görev 1’e (27540,64) aittir. En kısa fare hareket mesafesi ise görev 4’e (2005,55) aittir. Şekil 11’den de görüldüğü gibi, en uzun fare hareket mesafesi görev 1’i gerçekleştiren 10 numaralı öğrenciye aittir. En kısa mesafe ise görev 4’ü gerçekleştiren 8 numaralı öğrenciye aittir.



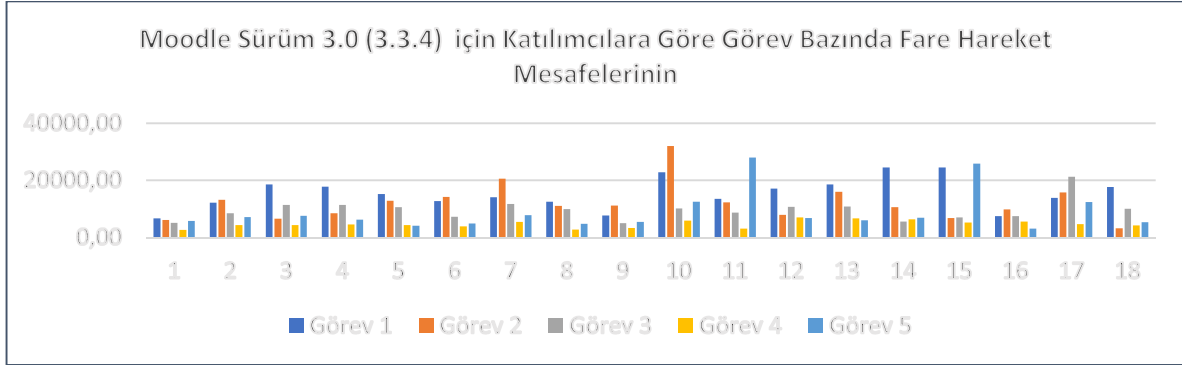
Şekil 11. Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için her bir katılımcının beş farklı görev bazında fare hareket mesafesi

Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için fare hareket mesafesine ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda Tablo 9’da ve her bir katılımcının görev bazında Fare hareket mesafeleri ise Şekil 12’de verilmiştir.

Tablo 9. Moodle sürüm 3.0 (3.3.4) için fare hareket mesafesine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı İstatistikler	Görev 1	Görev 2	Görev 3	Görev 4	Görev 5
Minimum (piksel)	6700,30	6784,70	4050,46	2599,89	3074,53
Maksimum (piksel)	24510,60	15718,20	21346,42	6947,93	27958,78
Ortalama (piksel)	15437,16	12136,79	9598,10	4692,76	8914,26
Standart Sapma (piksel)	5351,84	6488,17	3675,26	1302,58	6991,31

Tablo 9'dan da görüldüğü gibi en uzun fare hareket mesafesi görev 5'e aittir. En kısa mesafe ise görev 4'e aittir.



Şekil 12. Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için her bir katılımcının beş farklı görev kapsamında fare hareket mesafesi

Şekil 12'de görüldüğü gibi en uzun fare hareket mesafesi görev 5'i gerçekleştiren 15 numaralı öğrenciye aittir. En kısa hareket mesafesi ise görev 4'ü gerçekleştiren 1 numaralı öğrenciye aittir.

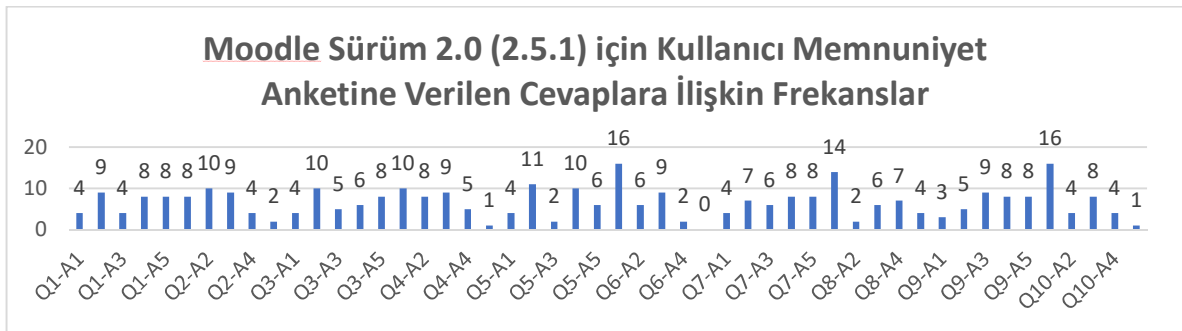
4.1.5. Kullanıcı memnuniyetine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için kullanıcı memnuniyetine ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda Tablo 10'da ve verilen cevaplara ilişkin frekanslar ise Şekil 13'de verilmiştir.

Tablo 10. Moodle sürüm 2.0 (2.5.1) için kullanıcı memnuniyetine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Sorular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Minimum (skor)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maksimum (skor)	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
Ortalama (skor)	3,06	2,61	3,00	2,50	2,94	2,00	3,11	2,72	3,28	2,28
Standart Sapma (skor)	1,47	1,29	1,46	1,25	1,43	1,03	1,45	1,60	1,32	1,36

Tablo 10'dan da görüldüğü gibi en yüksek ortalama skora sahip soru, dokuzuncu soru olarak ortaya çıkmıştır. En düşük ortalama skora sahip soru ise soru 4'tür.



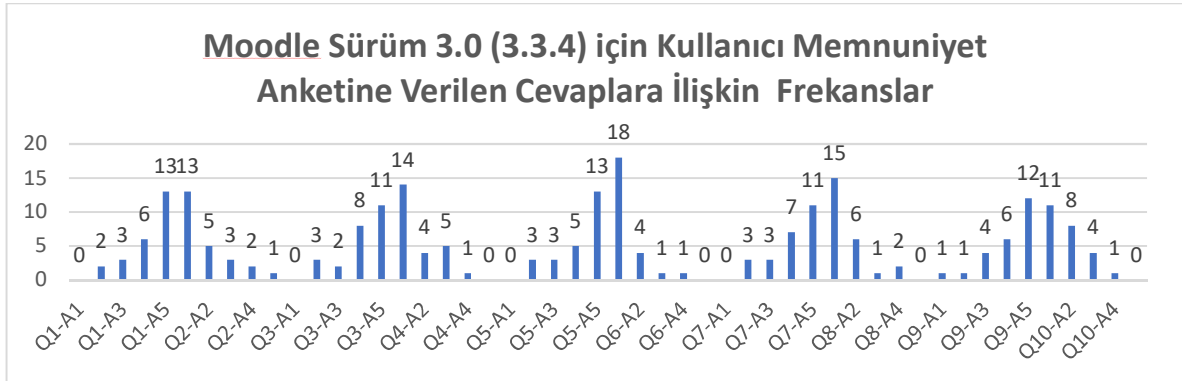
Şekil 13. Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için kullanıcı memnuniyet anketine verilen cevaplara ilişkin frekanslar

Şekil 13’de görüldüğü gibi birinci soruya en fazla üç numaralı cevap verilmiştir. Onuncu soruya da en fazla iki numaralı cevap verilmiştir.

Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için kullanıcı memnuniyetine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 11’de ve verilen cevaplara ilişkin frekanslar ise Şekil 14’de verilmiştir. Tablo 11’den de görüldüğü gibi en yüksek ortalamaya sahip soru, birinci soru olarak ortaya çıkmıştır. En düşük ortalamaya sahip soru ise soru 6’dır.

Tablo 11. Moodle sürüm 3.0 (3.3.4) için kullanıcı memnuniyetine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Sorular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Minimum (skor)	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1
Maksimum (skor)	5	5	5	4	5	4	5	4	5	4
Ortalama (skor)	4,26	2,00	4,00	1,68	4,05	1,42	4,00	1,63	4,05	1,68
Standart Sapma (skor)	0,99	1,29	1,11	0,95	1,18	0,84	1,15	1,01	1,18	0,75



Şekil 14. Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için kullanıcı memnuniyet anketine verilen cevaplara ilişkin frekanslar

Şekil 14’te görüldüğü gibi birinci soruya en fazla beş numaralı cevap verilmiştir. Onuncu soruya da en fazla iki numaralı cevap verilmiştir.

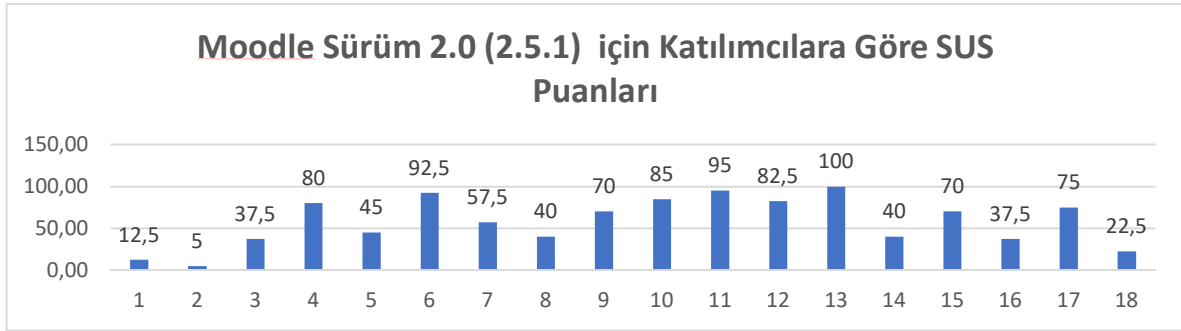
4.1.6. SUS’a ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için SUS’a ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda Tablo 12’de ve her bir katılımcının SUS’a ilişkin değerlendirmeleri ise Şekil 15’te verilmiştir.

Tablo 12. Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için SUS'a ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistikler	SUS
Minimum (skor)	5,00
Maksimum (skor)	100,00
Ortalama (skor)	58,19
Standart Sapma (skor)	29,22

Tablo 12'den de görüldüğü gibi, Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için SUS'a ilişkin ortalama puan 58,19 olarak ortaya çıkmıştır.

**Şekil 15.** Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için katılımcılara göre SUS puanları

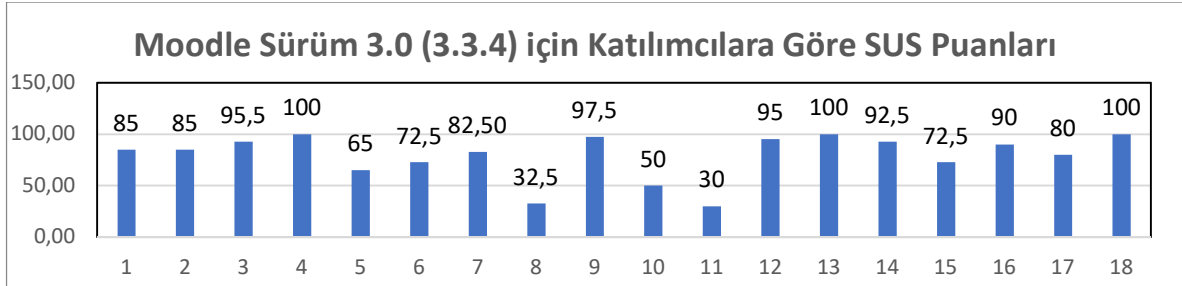
Şekil 15'ten de görüldüğü gibi Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) için en yüksek SUS değeri 13 numaralı öğrenci tarafından atanmıştır.

Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için SUS'a ilişkin tanımlayıcı istatistikler aşağıda Tablo 13'de ve her bir katılımcının SUS değeri ise Şekil 16'da verilmiştir.

Tablo 13. Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için SUS'a ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı istatistikler	SUS
Minimum (skor)	30,00
Maksimum (skor)	100,00
Ortalama (skor)	79,03
Standart Sapma (skor)	21,93

Tablo 13'den de görüldüğü gibi Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için SUS'a ilişkin ortalama puan 79,03 olarak ortaya çıkmıştır.



Şekil 16. Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için katılımcılara göre SUS puanları

Şekil 16'dan da görüldüğü gibi Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için en yüksek SUS değeri (100,00) 4, 13 ve 18 numaralı öğrenci tarafından atanmıştır.

4.2. Kullanılabilirlik Kriterleri Açısından Öğrenciler Arasındaki Farkların Araştırılması

Teste katılan öğrencilerin gerçekleştirdikleri her bir görev için dikkate alınan kullanılabilirlik kriterleri açısından anlamlı bir farklılık gösterip göstermedikleri Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Sürüm 3.0 (3.3.4) kapsamında test edilmiştir. Bu amaçla Wilcoxon Signed Rank Test kullanılmıştır. Testin sonuçları SPSS V.17.0 ile elde edilmiştir.

4.2.1. Görev 1 için Gerçekleştirilen Karşılaştırma Analizleri

Görev 1'in tamamlanma süresi için öğrenciler arasında fark olup olmadığına ilişkin kurulan hipotezler ve yapılan analiz aşağıda yer almaktadır.

H_0 : Öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan görev tamamlama süreleri arasında fark yoktur.

H_1 : Öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan görev tamamlama süreleri arasında fark vardır.

Wilcoxon Signed Rank Test sonucu, $p=0,811 > 0,05$ olduğu için H_0 kabul edilmiştir. Özetle, öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan görev tamamlama süreleri arasında fark yoktur.

Görev 1 sürecinde fare tıklama sayıları açısından öğrenciler arasında fark olup olmadığına ilişkin kurulan hipotezler ve yapılan analiz aşağıda yer almaktadır.

H_0 : Öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan fare tıklama sayıları arasında fark yoktur.

H_1 : Öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan fare tıklama sayıları arasında fark vardır.

Wilcoxon Signed Rank Test sonucu $p = 0,286 > 0,05$ olduğu için H_0 kabul edilmiştir. Özetle, öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan fare tıklama sayıları arasında fark yoktur.

Görev 1 sürecinde, iki veri girişi arasında geçen süre kapsamında öğrenciler arasında fark olup olmadığına ilişkin kurulan hipotezler ve yapılan analiz aşağıda yer almaktadır.

H_0 : Öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan iki veri girişi arasında geçen süreleri arasında fark yoktur.

H_1 : Öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan iki veri girişi arasında geçen süreleri arasında fark vardır.

Wilcoxon Signed Rank Test sonucu $p = 0,257 > 0.05$ olduğu için H_0 kabul edilmiştir. Özetle, öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan iki veri girişi arasında geçen süreler arasında fark yoktur.

Görev 1 sürecinde ortaya çıkan fare hareket mesafesi kapsamında öğrenciler arasında fark olup olmadığına ilişkin kurulan hipotezler ve yapılan analiz aşağıda yer almaktadır.

H_0 : Öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan fare hareket mesafeleri arasında fark yoktur.

H_1 : Öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan fare hareket mesafeleri arasında fark vardır.

Wilcoxon Signed Rank Test sonucu $p = 0,306 > 0.05$ olduğu için H_0 kabul edilmiştir. Özetle, öğrencilerin Görev 1'i Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan fare hareket mesafeleri arasında fark yoktur.

Yukarıda, kullanılabilirlik kriterleri için kurulan hipotezler, görev 2, 3, 4 ve 5 için de kurulmuştur. Söz konusu hipotezler Wilcoxon Signed Rank Test kullanılarak değerlendirilmiştir. Aşağıda, Görev 1 dışındaki diğer görevler için elde edilen sonuçlar Tablo 14 ile verilmiştir.

Tablo 14. Görev 2, 3, 4 ve 5 için Wilcoxon Signed Rank Test sonuçları

Görev	Görev Tamamlanma Süresi			Fare tıklama sayısı			İki veri arasında geçen süre			Fare hareket mesafesi		
	Z	P	H_0	Z	P	H_0	Z	P	H_0	Z	P	H_0
Görev 2	-0,457	0,647	Kabul	-1,43	0,887	Kabul	-0,479	0,632	Kabul	-1,894	0,058	Kabul
Görev 3	-1,067	0,286	Kabul	-0,239	0,811	Kabul	-0,109	0,913	Kabul	-1,198	0,231	Kabul
Görev 4	-0,501	0,616	Kabul	-1,794	0,073	Kabul	-0,719	0,472	Kabul	-0,719	0,472	Kabul
Görev 5	-1,633	0,102	Kabul	-0,063	0,950	Kabul	-0,719	0,472	Kabul	-1,285	0,199	Kabul

Tablo 14'den de görüldüğü gibi, görev 2, 3, 4 ve 5 açısından bakıldığında da kullanılabilirlik kriterleri için öğrenciler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir.

Ayrıca, bütün görevler açısından kullanıcı memnuniyetine ilişkin yapılan analiz kapsamında aşağıdaki hipotezler kurularak Wilcoxon Signed Rank Test ile sonuçlar elde edilmiştir.

H_0 : Öğrencilerin Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da görevleri gerçekleştirirken ortaya çıkan kullanıcı memnuniyet düzeyleri arasında fark yoktur.

H_1 : Öğrencilerin Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da görevleri gerçekleştirirken ortaya çıkan kullanıcı memnuniyet düzeyleri arasında fark vardır.

Wilcoxon Signed Rank Test sonucu $p = 0,039 < 0.05$ olduğu için H_0 ret edilmiştir. Özetle, öğrencilerin bütün görevleri Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da gerçekleştirirken ortaya çıkan memnuniyet düzeyleri arasında fark vardır.

5. Sonuçlar

Çalışmada Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4), altı farklı kriter dikkate alınarak kullanılabilirlik düzeyleri açısından öğrenciler açısından değerlendirilmiştir.

Görev tamamlanma süreleri için bakıldığında; görev 4, her iki sürüm için de en kısa sürede gerçekleştirilen görev olarak ortaya çıkmıştır. Ancak söz konusu görev Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1)'da diğer sürüme göre daha kısa sürede tamamlanmıştır. Görev 4, dosya indirme görevidir. Öğrenciler dosya indirmek için basılması gereken butonu ikinci sürümde daha geç fark etmişlerdir. Görevi en kısa sürede gerçekleştiren öğrenciler açısından durum incelendiğinde ise, Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1)'da 8 numaralı öğrenci tarafından en hızlı şekilde yapıldığı belirlenmiştir. Söz konusu öğrenci 4. Sınıf öğrencisidir ve iki yıl boyunca Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1)'i kullanmış ve ardından Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'e geçmiştir. Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4) için ise en kısa görev tamamlanma süresi 15 numaralı öğrenci tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu öğrenci de yine 4. Sınıf öğrencisidir ve iki yıldır bu sürümü kullanmaktadır.

Fare tıklama sayıları için görev 2 her iki sürümde de en az ve en çok tıklama sayılarına sahip olan görev olarak belirlenmiştir. Bu durum, sürümleri kullanan öğrencilerden kaynaklanmaktadır. Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1)'da 16 numaralı öğrenci en az tıklama ile görevi gerçekleştirirken, Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da 15 ve 18 numaralı öğrenciler en az tıklama ile aynı görevi yapmışlardır. Söz konusu öğrencilerin hepsi yine 4. sınıf öğrencisi olmakla birlikte ilk sürümü iki yıl boyunca kullanmışlardır ve ikinci sürümü ise iki yıldır kullanmaktadırlar.

İki veri girişi arasında geçen süre açısından sonuçlar incelendiğinde ise her iki sürümde de görev 3 hem en uzun hem en kısa süre sonuçlarına sahiptir. Bu durum yine sürümleri kullanan öğrencilerden kaynaklanmaktadır. Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1)'da 3 numaralı öğrenci, Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da ise 18 numaralı öğrenci iki veri girişi arasındaki en kısa süreyle görevi gerçekleştirmişlerdir. Söz konusu öğrenciler diğer kriterlerde de ön plana çıkan dördüncü sınıf öğrencileridir.

Fare hareket mesafesi açısından ise yine görev 4 her iki sürüm için de, en kısa fare hareket mesafesi ile gerçekleştirilen görev olarak ortaya çıkmıştır. Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1)'da 8 numaralı öğrenci, Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'da ise 1 numaralı öğrenci en kısa fare hareket mesafesi ile görev 4'ü gerçekleştirmişlerdir. Yine bu öğrenciler dördüncü sınıf öğrencileridir. Bütün görevlerde 4. sınıf öğrencilerinin en hızlı bir şekilde görevleri gerçekleştirmelerinin sebebi, öğrencilerin ikişer yıl boyunca her iki sürümü de kullanmış olmaları ve sürümleri temelde benzerlik içermeleridir. Kullanıcı memnuniyeti kapsamında elde edilen sonuçlar SUS değerleriyle belirlenmiştir. Öğrencilerin Moodle Sürüm 3.0 (3.3.4)'dan diğer sürüme göre daha fazla memnun kaldıkları ortaya çıkmıştır.

Wilcoxon Signed Rank testi ile elde edilen sonuçlara bakıldığında görevleri gerçekleştirirken öğrenciler açısından Moodle Sürüm 2.0 (2.5.1) ve 3.0 (3.3.4)'ı kullanmak arasında herhangi bir farklılık yaşanmamıştır. Buradan, Moodle yeni sürümünün geliştirilmiş olmasının öğrencilerin görevleri gerçekleştirmelerinde herhangi bir negatif ya da pozitif etkisinin olmadığı söylenebilir. Bu duruma yol açan en temel sebep, her iki sürümün de birbirine çok benzer olması ve sadece görsel açıdan site tasarımlarının değişmiş olmasıdır. Ancak memnuniyet açısından iki sürüm kapsamında öğrenciler açısından farklılığın olduğu belirlenmiştir. Bu durum, öğrencilerin yeni sürümü tasarım açısından daha sade bulmalarından kaynaklanmaktadır.

Gelecek dönem çalışmalarında daha fazla katılımcı ile aynı analiz tekrarlanabilir. İki farklı sürüm için kullanılabilirliğin etkinlik boyutuna ilişkin analizler gerçekleştirilebilir. Sınıflar arası kullanılabilirlik kriterleri açısından farklılık olup olmadığı araştırılabilir. Ayrıca, cinsiyetler arasında kullanılabilirlik kriterleri açısından farklılığın olup olmadığı araştırılabilir. Kullanılabilirlik kriterleri arasında cinsiyet ve sınıf bazında ilişki olup olmadığı belirlenebilir. Bununla birlikte, çalışma kapsamında alınan ses kayıtlarının kullanılmasıyla sesli düşünme yöntemi uygulanarak katılımcıların iki sürüm için de görüşleri değerlendirilebilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Muhammet YORULMAZ, makalenin oluşturulması, bilimsel yayın araştırması, araştırma için gerekli yazılım ve donanımların kurulması, testlerin uygulanması, bilgisayar ortamına aktarılması; Gülin Feryal CAN, bilimsel yayın araştırması, makalenin oluşturulması, testlerin uygulanması, istatistiksel analizler, makalenin sonuçlar bölümünün hazırlanması konularında katkı sağlamışlardır.

Teşekkür

Bilgisayar kurulum ve bağlantı iřlemleri için kurum teknisyenleri Burak Kar ve Ömer Bekteř'e teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Aliyu, O. A., Arasanmi, C. ve Ekundayo, S. (2019). Do demographic characteristics moderate the acceptance and use of the Moodle learning system among business students ? *International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, 15(1), 165–178.

Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International Journal of Human Computer Studies*, 55(4), 533–552. doi:<https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0483>

Bias, R. G. ve Mayhew, D. J. (2005). Cost-justifying usability: an update for an Internet age. *Alaska Fisheries Data Series (Vol. Second)*. ISBN-10: 0120958112

Chaubey, A. ve Bhattacharya, B. (2015). Learning Management System in Higher Education. *IJSTE - International Journal of Science Technology ve Engineering*, 2(3), 29–51. doi:<https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7473-6.ch002>

Chou, J. R. ve Hsiao, S. W. (2007). A usability study on human-computer interface for middle-aged learners. *Computers in Human Behavior*, 23(4), 2040–2063. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2006.02.011>

Cole, J. ve Foster, H. (2008). *Using Moodle - Teaching with the Popular Open Source Course Management System (2nd ed.)*. O'Reilly Community Press.

Crowther, M. S., Keller, C. C. ve Waddoups, G. L. (2004). Mediated Instruction Through Usability Evaluations. *British Journal of Educational Technology*, 35(3), 289–303.

Elabnody, M. R. (2015). A Survey Of Top 10 Open Source Learning Management Systems. *International Journal of Scientific ve Technology Research*, 4(8), 7–11. Erişim adresi: <https://doaj.org/article/31b1b61ce3114a35a1023498c4f343d1>

Farmanesh, P., Samani, A. A. ve Magusa, G. (2016). Heuristic Evaluation of the Usability of Learning Management System (Moodle) at Eastern Mediterranean University. *International Journal of Scientific Research in Information Systems and Engineering*, 2(1), 22–36.

Faulkner, L. (2003). Beyond the five-user assumption-10.3758%2FBF03195514. *Behavior Research Methods, Instruments, ve Computers*, 35(3), 379–383.

Graf, S. ve List, B. (2002). An Evaluation of Open Source E-Learning Platforms Stressing Adaptation Issues. In *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05)*, 5–7. Erişim adresi: <http://www.campussource.de/aktuelles/docs/icalt2005.pdf>

Gutiérrez, E., Trenas, M. A., Ramos, J., Corbera, F. ve Romero, S. (2010). A new Moodle module supporting automatic verification of VHDL-based assignments. *Computers and Education*, 54(2), 562–577. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.006>

Hasan, L. (2018). Usability Problems on Desktop and Mobile Interfaces of the Moodle Learning Management System (LMS). In *Proceedings of the 2018 International Conference on E-Business and Applications* (pp. 69–73).

Ivanović, M., Putnik, Z., Komlenov, Ź., Welzer, T., Hölbl, M. ve Schweighofer, T. (2013). Usability and privacy aspects of moodle: Students' and teachers' perspective. *Informatica (Slovenia)*, 37(3), 221–230.

- Juristo, N. (2007). Impact of usability on software requirements and design. In *Software Engineering*, 55–77. Springer.
- Kakasevski, G., Mihajlov, M., Sime, A. ve Chungurski, S. (2008). Evaluating Usability in Learning Management System Moodle. In *Proceedings of the ITI 2008 30th Int. Conf. on Information Technology Interfaces*, 613–618.
- Kirakowski, J., Claridge, N. ve Whitehand, R. (1998). Human centered measures of success in web site design. In *Proceedings of the Fourth Conference on Human Factors & the Web*.
- Kirner, T. G., Custódio, C. D. A. ve Kirner, C. (2008). Usability Evaluation Of The Moodle System From The Teachers' Perspective. *Brazil IADIS International Conference ELearning*, 371–378. Erişim adresi: http://www.iadis.net/dl/final_uploads/200805L048.pdf
- Lewis, C. ve Wharton, C. (1997). Cognitive walkthroughs. In *Handbook of human-computer interaction*, 717–732. Elsevier.
- Machado, M. ve Tao, E. (2007). Blackboard vs. Moodle: Comparing User Experience of Learning Management Systems, *37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, (December 2006), 7–12.
- Martín-Blas, T. ve Serrano-Fernández, A. (2009). The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in Physics. *Computers and Education*, 52(1), 35–44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.005>
- Melton, J. (2006). The LMS moodle: A Usability Evaluation. Prefectural University of Kumamoto. doi : <https://doi.org/10.1017/s0140525x98441748>
- Moodle.org: Moodle Statistics. (2019). 05/07/2019, Erişim adresi: <https://moodle.net/stats/>
- Moodle. (2019a). Moodle 3.0 release notes. 17/11/2019, Erişim adresi: https://docs.moodle.org/dev/Moodle_3.0_release_notes
- Moodle. (2019b). Moodle 3.3.5 release notes. 17/11/2019, Erişim adresi: https://docs.moodle.org/dev/Moodle_3.3.5_release_notes
- Moodle. (2019c). Releases : Lists all official releases of Moodle. 17/11/ 2019, Erişim adresi: <https://docs.moodle.org/dev/Releases>
- Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. *Bull.Physio Path.Resp.* Morgan Kaufmann.
- Seffah, A. ve Metzker, E. (2004). The obstacles and myths of usability and software engineering. *Communications of the ACM*, 47(12), 71–76. doi: <https://doi.org/10.1145/1035134.1035136>
- Senol, L., Gecili, H., ve Onay Durdu, P. (2014). Usability Evaluation of a Moodle based Learning Management System. *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, 2014(1), 850–858.
- Suner, A. (2018). Moodle ile internet destekli biyoistatistik dersinin değerlendirilmesi Evaluation of internet assisted biostatistics course with Moodle. *Ege Tıp Dergisi / Ege Journal of Medicine*, 57(4), 201–211.
- TechSmith. (2007). Technical Overview of Morae:Usability testing software with insight you can share.
- Tee, S. S., Wook, T. S. M. T., ve Zainudin, S. (2013). User Testing for Moodle Application. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 7(5), 243–252. doi: <https://doi.org/10.14257/ijseia.2013.7.5.22>
- Turker, Y. A., Baynal, K. ve Turker, T. (2019). The evaluation of learning management systems by using Fuzzy AHP, fuzzy topsis and an integrated method: A case study. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 20(2), 195–218. doi: <https://doi.org/10.17718/tojde.557864>
- Unal, Z., ve Unal, A. (2014). Investigating and comparing user experiences of course management systems: BlackBoard vs. Moodle. *Journal of Interactive Learning Research*, 25(1), 101–123.
- Yorulmaz, M., Yavuzcan, H. G. ve Togay, A. (2012). A Web-Based Management System and Its Application for student design projects. *Journal of Educational and Instructional Studies in The World*, 2(May), 203–215. Erişim adresi: <http://www.wjeis.org/FileUpload/ds217232/File/26.yorulmaz.pdf>



Journal of Turkish Operations Management

İş sağlığı ve güvenliği algısının eğitim bazında değerlendirilmesi

Ergün ERASLAN^a, Canan CANSARAN^{b*}

^aİş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye
e-mail: eraslan@ybu.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-5667-0391>

^bİş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye
e-mail: cccansaran89@gmail.com, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-0064-5805>

*Sorumlu yazar

Makale Girişi

Makale Geçmişi:

Geliş: 15.05.2019
Revize: 18.06.2019
Kabul: 30.03.2020

Anahtar Kelimeler:

İş sağlığı ve güvenliği kültür algısı,
İş sağlığı ve güvenliği bilinç düzeyi,
İş sağlığı ve güvenliği eğitim ölçümü

Özet

Çalışma hayatının önemli yapı taşlarından biri olan iş sağlığı ve güvenliği kavramı son zamanlarda önemli araştırma konuları arasında yer almaktadır. İş yerlerinde oluşan olumsuz çalışma koşullarının çalışanların sağlık ve güvenliklerini tehdit etmekte olduğu bilinmektedir. Bu sebepten ötürü, ilgili mevzuatlarla birlikte çalışanların algılarının biçimlendirilerek maddi ve manevi zararlar birlikte iş kazaları ve meslek hastalıklarını en aza indirmek amaçlanmaktadır. Özellikle, çalışanların bilgi düzeylerini artırarak güvenlik iklimi ve güvenlik kültürü kavramlarının benimsetilmesiyle birlikte ülkemizdeki iş sağlığı ve güvenliği kültürünün yerleştirilmesi gereklidir. Çalışan kesimin iş ortamındaki motivasyonlarını belli seviyede tutarak iş ortamında oluşabilecek psikolojik durumlar ve bu durumlarla başa çıkabilme kolaylığı yaratabilme gücü sağlanmalıdır. Buradaki en önemli detay, eğitimler yolu ile iş sağlığı ve güvenliği bilinci oluşturmak ve bu bilinçle birlikte güvenlik kültürünü etkili hale getirmektir. Bu çalışmada iş sağlığı ve güvenliği algısının ölçülmesi için 17 sorudan oluşan bir anket uygulanarak değerlendirilmiş ve istatistiksel açıdan analiz edilerek sonuçları detaylı bir şekilde yorumlanmıştır.

Article Info

Article History:

Received: 15.05.2019
Revised: 12.06.2019
Accepted: 30.03.2020

Keywords:

Occupation health and safety culture perception,
Occupation health and safety awareness level,
Occupational health and safety training measurement

Abstract

The concept of Occupational health and safety, which is one of the important building blocks of working life, is among the important research subjects recently. It is known that adverse working conditions in the workplace are threatening the health and safety of employees. For this reason, it is aimed to minimize occupational accidents and occupational diseases by shaping the perceptions of employees together with the relevant legislation. In particular, with the adoption of the concepts of security climate and security culture by increasing the level of knowledge of employees, Occupational health and safety culture in our country is required to be established. By keeping the motivation of the employees in the workplace at a certain level, the ability to create psychological situations that may occur in the workplace and the ease of coping with these situations should be provided. The most important detail here is to create occupational health and safety conscious through trainings and to make the safety culture effective with this awareness. In this study, a questionnaire consisting of 17 questions was evaluated to measure the perception of Occupational Health and safety and the results were analyzed statistically and interpreted in detail.

1. Giriş

1.1 İş Sağlığı ve Güvenliği Tanımı

İş sağlığı ve güvenliği faaliyetleri iş alanında işlerin yürütümü sırasında çeşitli sebeplerden kaynaklanan sağlığa zarar verebilecek nedenlerden korunmak amacıyla yapılan bilimsel ve sistemsal çalışmalardır. İş güvenliği kavramının bir anlam taşıyabilmesi için çalışanların insan hakları bildirgesi kapsamında sağlık ve güvenlik haklarından faydalanmaları ve belirli bir bilgi düzeyinin oluşması sağlanmalıdır (Karaman, Çivici ve Kale 2011).

1.2 Güvenlik: Genel olarak bir emniyet içerisinde olma durumu olarak tanımlanabilir. Daha geniş anlamda ise güvenlik risklerle tanımlanıp belli bir süreç içerisinde kabul edilir düzeyde kalabilmesidir. Uluslararası Çalışma Örgütüne göre; çalışma ortamında herhangi bir tehlike anı oluşmadan önce tehlikeyi sezebilme, yapacağımız işin oluşturabileceği riskleri belirleyerek risk analizleri değerlendirmelerinin yapılması, emniyetsiz durum yaratabilecek tehlikelerden ve emniyetsiz davranışlardan uzak durmak, gereksiz yere risk almaktan kaçınmak, sadece çalıştığımız durumlarda değil hayatın her anı güvenliği öncelikli kılmak, güvenli davranış biçimi benimseyerek belli alışkanlıklar yaratmak, güvenlik kültürünü yaşam felsefesi haline dönüştürmek. (İşler, 2013).

İş güvenliği kültür algısı kapsamında değerlendirme yapıldığında İş yaşamında olması gereken en önemli detay iş güvenliği kültür algısıdır. İş hayatında iş güvenliği hakkında yeterince bilgi detayları verilmediği sürece kazalar ve hastalıklar artacak bu durumda iş yerinde büyük kayıplar meydana gelecektir. İş güvenliği kültür özelliklerinin benimsetilerek tüm çalışan kesim tarafından paylaşılıp, Organizasyonel olay, kaza veya belirli hataların sebeplerini öğrenip gerekli tedbirlerin alınarak yol alınması sağlanmalıdır. İş güvenliği üç temel prensibinin detaylarına dikkat çektiğimizde; çalışanların ve çalışma ortamının güvenliği sağlanarak, üretimin devamlılığı ve güvenlik çerçevesi oluşturmakla birlikte işletme için devamlılık süresince güvenlik kültürü benimsetilerek eğitim çerçevesinde ilerleme kaydedilmelidir. (Akıllı ve Aydoğdu, 2013; Çetindağ, 2010; Korkut ve Tetik, 2013).

1.3 Güvenlik Kültürünün İki Boyutu:

- Organizasyonel üyeler birliğinin güvenlik olarak inanç, tutum ve belli değerleri ifade eden kısımlardır.
- Organizasyonun sahip olduğu, güvenlik kültürünü ilerletecek yönde yapılan uygulama ve kontrol adımlarıdır (Çetindağ, 2010).

1.4 İş Sağlığı ve Güvenliği Algısını Etkileyen Faktörler

- Güvenlik ilişkilerindeki iletişim anlayışı
- Güvenliğin yönetim biçimi
- Bireysel sorunların sorumlulukları
- Güvenlik hedefleri ve standartları
- Kişisel katılımlar
- Yönetime bağlı kalmak
- Kaderci olmak (Dursun, 2011).

1.5 İş Sağlığı ve Güvenlik Kültür Algısının Önemi

İş kazaları, meslek hastalıkları tüm dünyada gelişmiş bütün ülkeler için hem maddi hem de manevi anlamda ciddi kayıplara sebep olmaktadır. İş kazaları ve meslek hastalıklarının önleme adına yapılan çalışmalara rağmen ilerleyen süreçte iş kazaları büyük bir çaplı sorun olarak devam etmekle birlikte sosyal ve ekonomik olarak bu kazaların önlenmesinde gelişme kaydedilmemektedir. Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği kanun ve mevzuatlar çerçevesinde gelişme göstermekle birlikte kaza sayıları ve meslek hastalığına yakalanma oranlarını en asgari düzeye indirmek amaçlanmaktadır. Birçok sektörlerin incelenmesiyle kaza sebeplerinin %95’inin insan kaynaklı, %3’ünün makine-teçhizat kaynaklı, % 2’sinin belirsiz sebepler kaynaklı olduğu belirlenmiştir. İş hayatındaki bu durumun insan faktörünün daha detaylı olarak ele alınmasını ve düzenli eğitim süreciyle ilerlenmesi gerektiğini de ortaya çıkarmaktadır (İzgi, Öztürk ve Türkmen, 2012; Uslu, 2014).

Algı örnek olarak; Orta Doğu Teknik Üniversitesi İşletme Bölümü’nün profesörü Muhan Soysal Strateji Yönetim dersinde her sene farklı algılara dikkat çekmeye çalışmaktadır. Prof. Dr. Muhan Soysal ders anlatımı sırasında tepegöze bir Picasso resmi koyar. Soysal, sınıftaki öğrencilerin ilgisini çekmeye çalışır ancak öğrenciler zaten kübik yapıda olan sürrealist resimde sanatla fazla ilgilenmeyenlerin anlayabileceği çok az şey bulunduğu ve

bozuk perspektifli bir oda, sarı uzun saçlı yaratığa benzeyen şey, etrafta değişik yaratıklar, yerde yine bir yaratık ve arkadaki şekli bozuk içi parlak dikdörtgen içinde başka bir şeylerin daha bulunması nedeniyle resim, sınıfta çokta algısal bir anlam ifade etmemiştir. Muhan Soysal; 5-10 dakika tepkisiz hareketlerinden sonra, Picasso'nun resmini alarak Meninas' in bir resmiyle değiştirir. Bu resimde sandalye üzerinde bulunan sarı uzun saçlı bir aristokrat kızının etrafındaki dadıları onun saçını tararken, kızın yerde köpeği yatmaktadır. Babası arkada ışık saçan kapıda kızını izlemektedir. Öğrenciler ikinci resmi gördüklerinde Picasso'nun resmindeki öğelerin ne olduğunu ve bu resmin Meninas'in tablosuna karşılık yapılmış bir eser olduğunun farkına varırlar. Muhan Soysal akıldan hiç çıkmayacak olan o sözleriyle; "Hayatta hiçbir şey Meninas'in resmi kadar belirgin ve net değildir. İş güvenliği hayati, gerçekleri size Picasso'nun resmindeki gibi şekil değiştirmiş olarak gösterir. Picasso'nun resmine bakıp, Meninas'in resmini görebilenleriniz başarılı olacak, diğerleri kübik şekillere bakıp yanlış anlamlar çıkarmaktan gerçekleri hiçbir zaman göremeyecektir." sözleriyle iş güvenliğinin önemini dile getirir. İş güvenliği kapsamında sektörleri tehlike sınıflarına ayırarak, çalışanların sağlığını olumsuz etkileyen pek çok risk durumunda nasıl hareket edebileceklerini belirlemek için mevzuatlar oluşturulmuş ve çözüm önerileri sunulmuştur (Çelik, 2014).

Bununla birlikte güvenlik kültür algısının öğretilmesi tanıtılması ve geliştirilmesinin iş yaşamındaki doyum adına katkı sağladığı ve bu doyumla çalışanların kültür algısının yüksek olması ve çalışma ortamlarının bilgi anlamında daha nezh bağlama taşınmasıyla kültür algısının ve güvenlik kültürünün bir kez daha önemli bir etken olduğu görülmektedir. (Atan ve diğerleri, 2017; Tokuç, 2016).

Bu çalışmada; genel zorunlu eğitimle birlikte iş sağlığı ve güvenliği eğitimi algısının çalışma hayatındaki boyutunun öğrenilmesi, iş sağlığı ve güvenliği algı anketindeki sorularının sonuç analizlerinde işyerlerinde çalışanların yasal haklar konusunda bilgilendirilerek bu mevzuatların uygulanması gerektiği konusu anket sonuçlarında da görülmüştür. Asıl amacın ise; iş sağlığı ve güvenliği bilinci oluşturarak uygun davranışlar kazandırılması zorunluluğu olduğu gözlenmiştir.

2. Yöntem

Bu çalışmada, iş hayatında bulunan kişilerin eğitim seviyeleriyle birlikte, iş sağlığı ve güvenliği eğitim kültür algısının sektörler bazında değerlendirilerek karşılaştırmaları yapılmıştır. Eğitim seviyeleriyle birlikte iş sağlığı bilgi düzeylerinin ölçümü yapılarak ülkemizdeki boyutu ön plana çıkarılması amaçlanmıştır. Araştırmada, nitel ve nicel araştırma desenleri kullanılarak verilerin analizine ait bilgilere yer verilmiştir.

Bu çalışmada; İş sağlığı ve güvenliği sektörler bazında incelenerek zorunlu eğitimle birlikte iş sağlığı ve güvenliği bilgi algısı değerlendirilmiş olup, sektörlerin bireyler üzerinde iş sağlığı bilgisi konusunda soru değişkenleriyle birlikte veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Dökümü alınan veriler IBM SPSS Statistics 22 yazılımıyla analiz edilmiştir. Ayrıca dökümleri çapraz tablo ve bar grafikleri kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. 19 sorudan oluşan bilgi anketi 172 katılımcıya uygulanmış ve zorunlu eğitim seviyeleriyle birlikte karşılaştırmaları yapılmıştır.

İş sağlığı ve güvenliği algısının değerlendirilmesi konulu çalışmamız bağlı bulunduğum iş sağlığı ve güvenliği birimi üzerinde kayıtlı olan firmalarda çalışan kişilerden odak gruplar oluşturularak bire bir anket çalışması yapılmıştır.

Sektör bazında değerlendirilen grupların, ve firma yetkililerinin 15.04.2019 tarihinde sözlü rızaları alınarak iş güvenliği bilgi seviye ölçümleri gerçekleştirilmiştir ve herhangi bir etik ihlal söz konusu olmamıştır.

3. Bulgular

3.1 Araştırmanın Bulguları

Bu çalışmada İş sağlığı ve güvenliğinin algısının inşaat, gıda ve sağlık sektörlerinin eğitim seviyelerine göre iş sağlığı ve güvenliği bilgi algısı değerlendirilmiş olup, sektörlerin bireyler üzerinde belirlenen değişkenlerle veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Dökümü alınan veriler kurumsal istatistiksel programla analiz edilmiştir. Ayrıca dökümleri çapraz tablo ve bar grafikleri kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. 17 sorudan oluşan anket 172 katılımcıya uygulanmıştır.

3.2 Demografik Bilgiler

Çalışmaya ilişkin demografik veriler aşağıda verilmektedir.

Tablo 1. Demografik Veriler

		Yaş		
	Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
19 altı	4	2,3	2,3	2,3
19-25	31	18	18	20,3
25-34	70	40,7	40,7	61
35 üstü	67	39	39	100
Total	172	100	100	

		Cinsiyet		
	Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
Kadın	50	29,1	29,1	29,1
Erkek	122	70,9	70,9	100
Total	172	100	100	

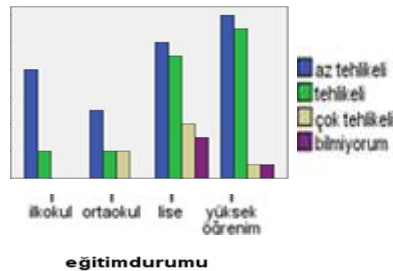
		Hizmet Süresi		
	Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
0-6	55	32	32	32
6-10	41	23,8	23,8	55,8
11-15	37	21,5	21,5	77,3
16-20	25	14,5	14,5	91,9
20 üstü	14	8,1	8,1	100
Total	172	100	100	

		Eğitim Durumu		
	Sıklık	Yüzde	Geçerli Yüzde	Kümülatif Yüzde
İlköğretim	19	11	11	11
Ortaöğretim	20	11,6	11,6	22,7
Lise	66	38,4	38,4	61
Yüksek Öğretim	67	39	39	100
Total	172	100	100	

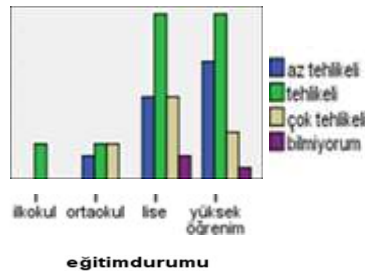
3.3 Algı anketinin sektörler bazında değerlendirilmesi

İş Sağlığı ve Güvenliği algısının değerlendirilmesi için uygulanan anket sorularının sektörler bazında değerlendirilmesi aşağıda verilmektedir:

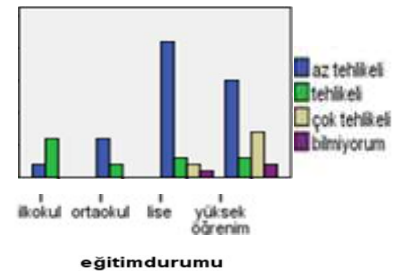
Soru 1. İş yerinizin tehlike sınıfı aşağıdakilerden hangisidir?



Şekil 3.1. Gıda Sektörü



Şekil 3.2. İnşaat Sektörü



Şekil 3.3. Sağlık Sektörü

Şekil 3.3'de gösterildiği üzere sağlık sektöründe lise ve yükseköğrenim eğitimi görmüş kişiler tehlike sınıfı sorusuna ağırlıklı olarak doğru cevap vermişlerdir. Bunun yanı sıra Şekil 3.2 ve Şekil 3.3 'de gösterildiği üzere gıda ve inşaat sektöründe çalışan lise ve yükseköğrenim görmüş kişilerin kendi sektörlerinin tehlike sınıflarını bile çoğunlukla bilemedikleri gözlemlenmiştir. Bu durum, kişilerin iş güvenliği konusunda yetersiz olduğu ve iş güvenliği eğitimlerine de yeterli ilginin gösterilmediği anlaşılmaktadır. Yalnızca sağlık sektörü çalışanlarının, çalıştıkları sektörün iş sağlığı ve güvenliği ile benzer içeriklere sahip olması dolayısıyla yöneltilen sorulara genellikle doğru cevap verdikleri gözlenmiştir.

Soru 2. 6331 iş sağlığı ve güvenliği kanununun kamu kurumları ile 50'den az çalışanı olan ve az tehlikeli sınıfta yer alan işyerinin uzmanı ve iş yeri hekimi bulundurma zorunluluğu var mıdır?



Şekil 3.4. Gıda Sektörü



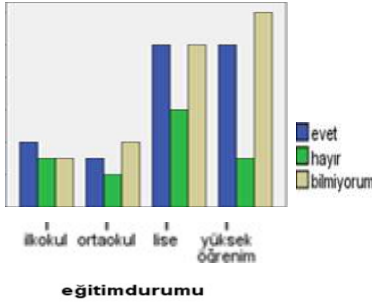
Şekil 3.5. İnşaat Sektörü



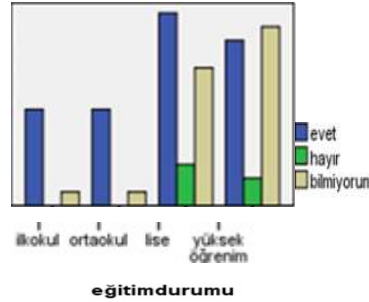
Şekil 3.6. Sağlık Sektörü

Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6'da görüldüğü üzere sektörler bazında incelendiğinde, bütün sektörlerin orantılı olarak evet cevabı vererek iş sağlığı ve güvenliğinin kişisel sayı bakımından ve tehlike boyutu olarak iş sağlığı ve uzmanı bulundurulma zorunluklarının varlığının bilincinde oldukları gözlenmiştir.

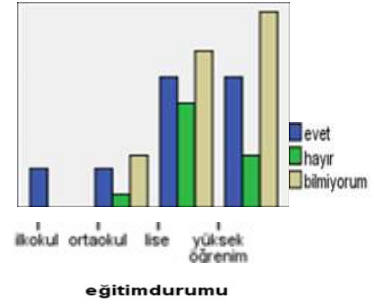
Soru 3. İş sağlığı ve güvenliği kanun kapsamındaki yetkilerini biliyor musunuz?



Şekil 3.7. Gıda Sektörü



Şekil 3.8. İnşaat Sektörü



Şekil 3.9. Sağlık Sektörü

Şekil 3.7 gıda, Şekil 3.8 inşaat ve Şekil 3.9 sağlık sektör çalışanlarının azınlığı iş sağlığı ve güvenliği kanununun yetkileri ile ilgili soruları bilinçli olarak cevaplandıkları görülmüş. Eğitim seviyelerine bazında değerlendirildiğinde; yükseköğrenim ve lise eğitimi görmüş olanların ağırlıklı olarak kanun kapsamındaki yetkilerin bilinci konusunda yetersiz kaldıkları gözlemlenmiştir. Genel sektörler dağılımında ise; bilmiyorum cevabının diğer cevaplara oranla ön plana olduğu görülmüştür.

Soru 4. Acil durum planı bütün işyerleri için zorunlu mudur?



Şekil 3.10. Gıda Sektörü



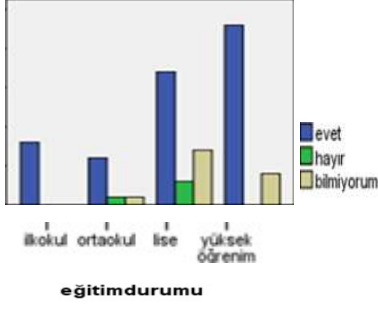
Şekil 3.11. İnşaat Sektörü



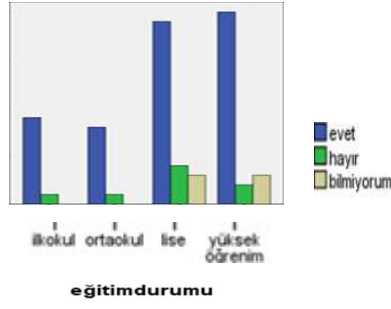
Şekil 3.12. Sağlık Sektörü

Acil durum planlarının her sektör için gerekli olduğu kanısını taşıyan karşılaştırmalarda elde edilen sonuçlar neticesinde; Şekil 3.10 gıda, Şekil 3.11 inşaat, Şekil 3.12 sağlık sektörlerinde görüldüğü üzere; acil durum planlarının yapılması, iş yerlerinde oluşabilecek risklere karşı çalışanların hazırlıklı olması için bir dizi planın oluşturulmasının gerektiğini göstermektedir.

Soru 5. Risk değerlendirmesinin yapılmasındaki önemin farkında mısınız?



Şekil 3.13. Gıda Sektörü



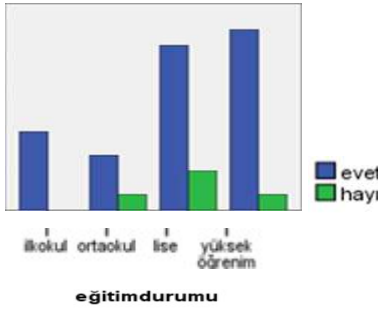
Şekil 3.14. İnşaat Sektörü



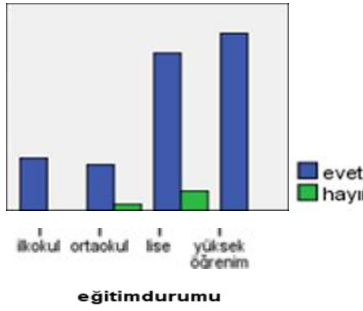
Şekil 3.15. Sağlık Sektörü

Şekil 3.13, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15 sektörlerinde verilen cevaplar incelendiğinde; risk değerlendirmesi farkındalık ölçeği sorusunda iş yerinde oluşabilecek herhangi bir olumsuzluğun bilinmesi adına ön görülecek çalışmaların yapılması ve değerlendirilmeye alınması gerektiği gözlenmiştir.

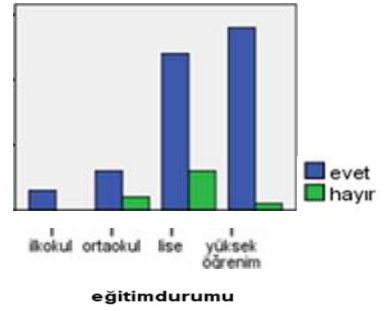
Soru 6. SSK'lı çalışanlara iş güvenliği eğitimlerinin verilmesi ve sağlık kontrollerinin yapılmasının gerekliliğini biliyor musunuz?



Şekil 3.16. Gıda Sektörü



Şekil 3.17. İnşaat Sektörü



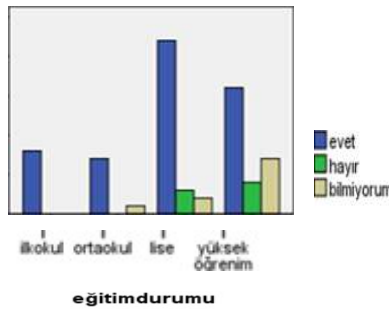
Şekil 3.18. Sağlık Sektör

Şekil 3.16, Şekil 3.17 ve Şekil 3.18'de istatistik döküm sonuçları değerlendirildiğinde; SSK'lı çalışanların belli eğitimler alarak işlerini devam ettirebilmelerinde ve bütün sektörler için sağlık bakımlarının periyodik olarak yaptırılmasının bilincinde olduklarından evet cevabının çoğunlukta olduğu gözlemlenmiştir.

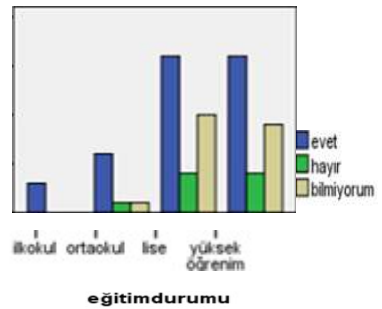
Soru 7. İş yerinde iş kazası ve ramak kala olay meydana geldiğinde yapmanız gerekenleri biliyor musunuz?



Şekil 3.19. Gıda Sektörü



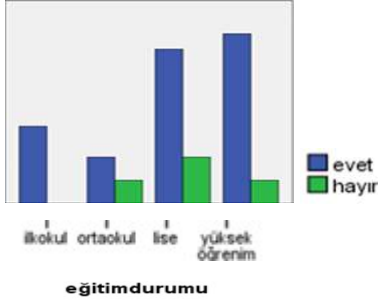
Şekil 3.20. İnşaat Sektörü



Şekil 3.21. Sağlık Sektörü

Sektörler ayrı ayrı incelenerek karşılaştırmaları yapıldığında; evet ve tahmini cevap olan kısmen şıkkının ağırlıklı olarak ön plana çıktığı Şekil 3.19, Şekil 3.20 ve Şekil 3.21'de görülmektedir. Bu detaylar göz önüne alındığında; iş sağlığı ve güvenliği eğitiminin daha detaylı ve düzenli aralıklarla sürekli verilmesi gerektiği kanısına varılmaktadır.

Soru 8. İşyerindeki makine, cihaz, araç, gereç, tesis ve binalarda sağlık ve güvenlik yönünden ciddi ve yakın bir tehlike ile karşılaştığınızda işverene ya da çalışan temsilcisine haber verme yükümlülüğünüz olduğunu biliyor musunuz?



Şekil 3.22. Gıda Sektörü



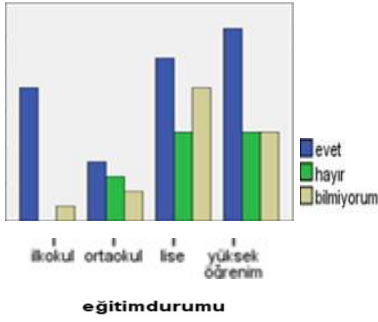
Şekil 3.23. İnşaat Sektörü



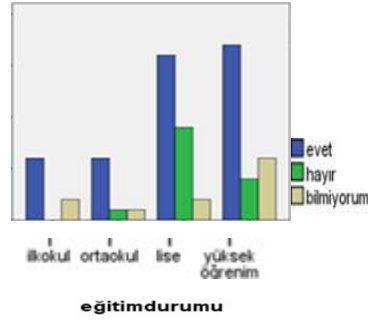
Şekil 3.24. Sağlık Sektörü

Soru 8'de sektör karşılaştırmalarında Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'görüldüğü üzere; iş sağlığı ve güvenliğinin mevzuatlar gereği vermiş olduğu yetkilerin lise ve yükseköğrenim mezunlarınca bilinçli bir şekilde cevaplandırıldığı ve evet şıkkının yoğunlukta olduğu gözlenmiştir.

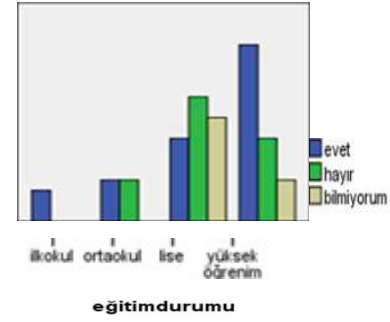
Soru 9. İş kanununun ISG ile ilgili hükümleri olmayan veya işveren vekiline ISG kanununun 26. Madde gereğince idari para cezası hükmünün yer aldığı biliyor musunuz?



Şekil 3.25. Gıda Sektörü



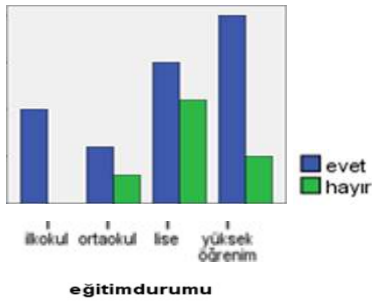
Şekil 3.26. İnşaat Sektörü



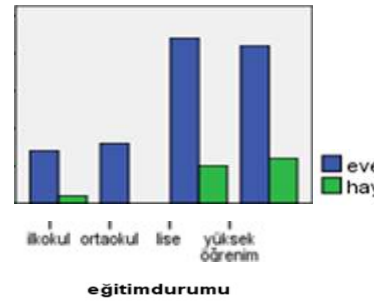
Şekil 3.27. Sağlık Sektörü

Şekil 3.25, Şekil 3.26 ve Şekil 3.27'ye bakıldığında; eğitim seviyeleri karşılaştırmalarında örneklem gruplarının vermiş oldukları cevaplar ayrı ayrı sektör olarak incelendiğinde; lise ve yükseköğrenim görmüş olanların idari cezalar boyutunda genel olarak evet cevaplarını vermiş olmasına rağmen Şekil 3.25 gıda sektöründe ilköğretim seviyesinde bulunanların ise idari boyuttaki para cezalarının bilincinde olmadıkları gözlenmiştir. Genellikle hayır ve bilmiyorum(tarafsız) cevaplarının da büyük oranda verildiği gözlemlenmiştir.

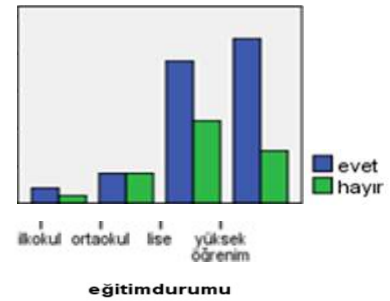
Soru 10. Yangın tüpü kullanmasını biliyor musunuz?



Şekil 3.28. Gıda Sektörü



Şekil 3.29. İnşaat Sektörü

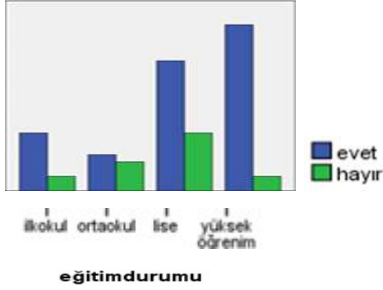


Şekil 3.30. Sağlık Sektörü

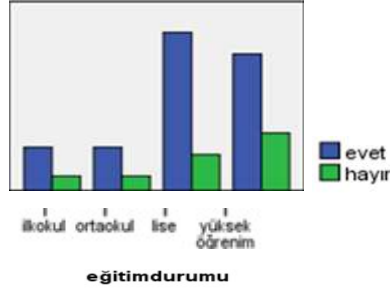
Şekil 3.28, Şekil 3.29 ve Şekil 3.30'de genel olarak bütün sektörlerde evet şıkkının cevaplandığı gözlenmiştir. Ancak sadece iş güvenliği alanı dışında da genel yangın tüpü eğitiminin alınması ve hayati yaşam standardında da

olabilecek belli risklere karşılık eğitim seviyesi yükseköğrenim olanlar dışında kalanlarında bu konuya önem vermesi gerektiği düşüncesini ön plana çıkarmaktadır.

Soru 11. Sigortalının çalıştığı veya işin niteliğinden dolayı tekrarlanan bir sebeple veya işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık halinin "Meslek Hastalığı" olarak tanımlandığını biliyor musunuz?



Şekil 3.31. Gıda Sektörü



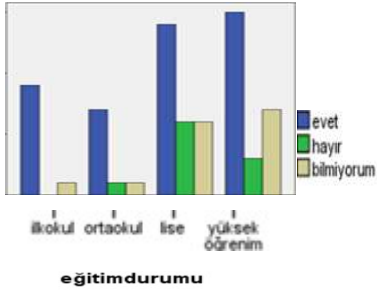
Şekil 3.32. İnşaat Sektörü



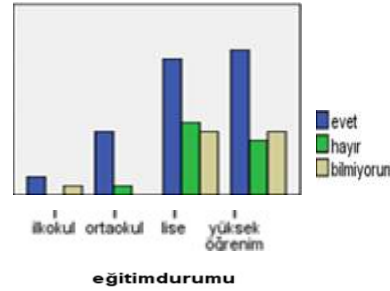
Şekil 3.33. Sağlık Sektörü

Şekil 3.31 ve Şekil 3.32'de analiz dökümleri incelendiğinde; iş hayatı boyunca sürekli maruz kalınan olumsuzluklar karşısında ortaya çıkan rahatsızlıkların bütün sektörlerde çalışanlar için risk yaratabileceğinin bilinciyle cevaplandırıldığı görülmüştür. Ancak Şekil 3.33 sağlık sektöründe çalışanların cevaplama oranlarında eğitim durumu dikkate alındığında aradaki oranların farkları dikkat çekmektedir. Eğitim seviyesi konumunda değerlendirmeler baz alındığında ilkokul ve ortaokul seviyelerinde olanlarının bu bilgidен noksan oldukları gözlemlenmiştir.

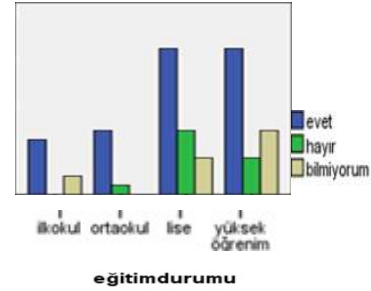
Soru 12. Kişisel Koruyucu Donanım nedir, neden kullanılmalıdır sorusunun cevabını biliyor musunuz?



Şekil 3.34. Gıda Sektörü



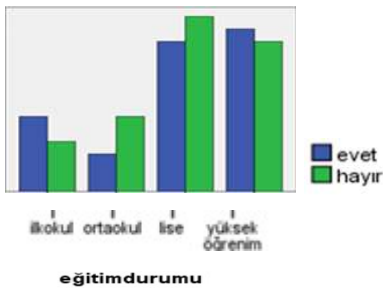
Şekil 3.35. İnşaat Sektörü



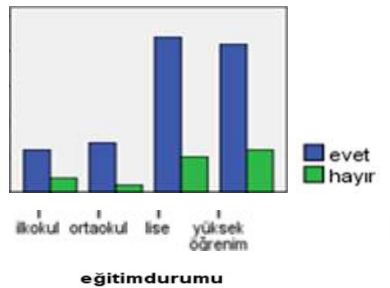
Şekil 3.36. Sağlık Sektörü

Şekil 3.34 gıda ve Şekil 3.35 inşaat, Şekil 3.36 sağlık, sektörlerinin incelenen grafikleri sonucunda; iş hayatında zarar verecek olumsuzlukları engelleyebilecek malzemeleri kullanım bilincinde olanların yüzdelere göre ağırlıklı olduğu görülmüştür. Ancak hayır ve bilmiyorum cevaplarının da ciddi şekilde grafikte yer aldığı gözlemlenmiştir. Bu durumda çalışanların kişisel koruyucu donanımın konusunda bilinçlendirmelerinin önemi ortaya çıkmıştır.

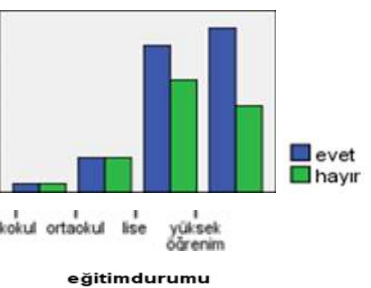
Soru 13. Türkiye'nin İş Kazalarında Avrupa'da 1. sırada yer aldığını biliyor musunuz?



Şekil 3.37. Gıda Sektörü



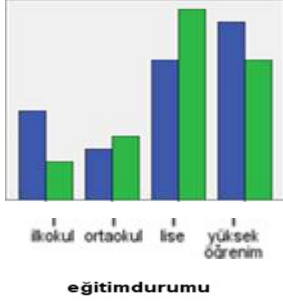
Şekil 3.38. İnşaat Sektörü



Şekil 3.39. Sağlık Sektörü

Şekil 3.37, Şekil 3.38 ve Şekil 3.39’da genel analiz dökümlerine bakıldığında; eğitimle orantılı olarak lise ve yükseköğrenim görenlerin evet şikkının ön plana çıktığı gözlenirken, sektörler ayrı incelendiğinde; Şekil 3.37 gıda çalışanlarından lise ve yükseköğrenim görenlerin evet ve hayır cevaplarının birbirini karşıladığı gözlemlenirken, Şekil 3.38, inşaat Şekil 3.39 sağlık sektörlerinde lise ve yükseköğrenim mezunu çalışanların evet cevabının ağırlıklı olarak işaretlendiği gözlenmiştir.

Soru 14. İş kazalarının en çok ilk saatler içerisinde gerçekleştiğini biliyor musunuz?



Şekil 3.40. Gıda Sektörü



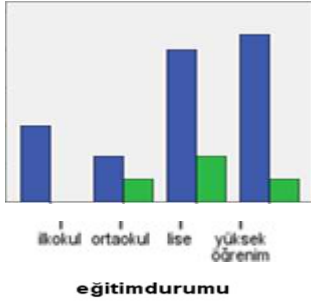
Şekil 3.41. İnşaat Sektörü



Şekil 3.42. Sağlık Sektörü

Şekil 3.40, Şekil 3.41 ve Şekil 3.42’de görüldüğü üzere; bütün sektörlerde iş kazalarının gerçekleşme zamanlarının bilinmediği görülmüş olup, verilen eğitimlerde çalışanların bu konuda bilinçlendirilmesi gerekliliği ön plana çıkmıştır.

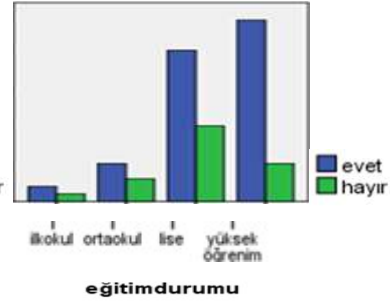
Soru 15. Bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak iş yeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlar da sizce iş kazasından sayılır mı?



Şekil 3.43. Gıda Sektörü



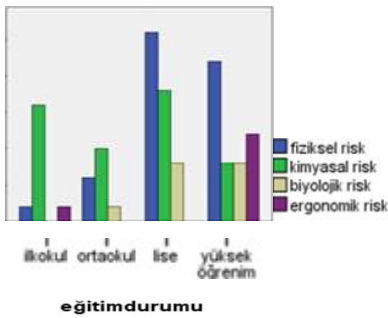
Şekil 3.44. İnşaat Sektörü



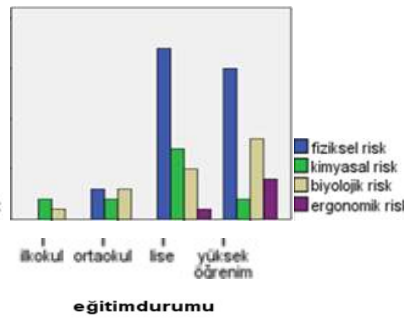
Şekil 3.45. Sağlık Sektörü

Şekil 3.42, Şekil 3.43 ve Şekil 3.44’de değerlendirilmeye alındığında; asıl işini yapmaksızın geçen zamanda oluşabilecek olumsuzlukların sebebiyet verdiği durumların çalışma sürelerine dahil olduğu sektörlerce bilinçli olarak evet cevabını verdikleri gözlenmiştir.

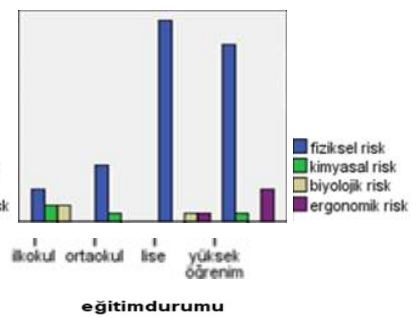
Soru 16. Çalıştığınız iş yerinde hangi tür risklerle karşılaşyorsunuz?



Şekil 3.46. Gıda Sektörü



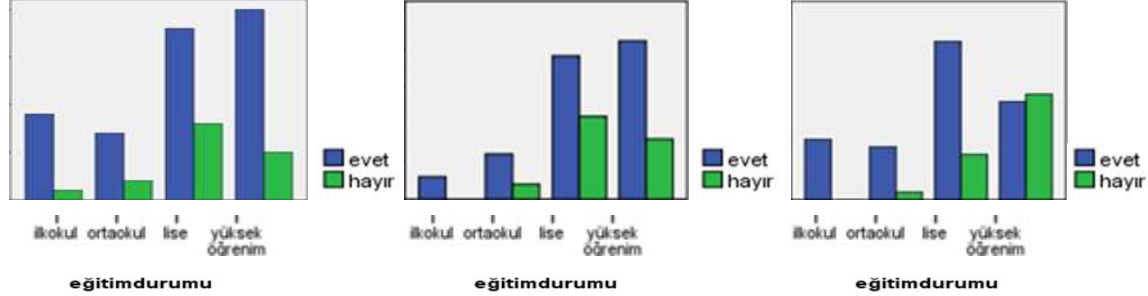
Şekil 3.47. İnşaat Sektörü



Şekil 3.48. Sağlık Sektörü

Şekil 3.45, Şekil 3.46 ve Şekil 3.47’de sektör karşılaştırmalarında; ağırlıklı olarak fiziksel risk boyutunun büyük fark yaratarak diğerlerine oranla daha fazla yer aldığı görülmektedir. Sektörlerin ayrı ayrı oluşturabilecekleri riskler dolayısıyla örneğin; 3.45 gıda grafiğini incelediğimizde; fiziksel riskin sıralamada ilk şıkki oluşturmasına rağmen kimyasal risk oranının da ona yakın ağırlıkta olduğunu gözlemlenmektedir.

Soru 17. Çalıştığınız yerde ilk yardım eğitimi aldınız mı?



Şekil 3.49. Gıda Sektörü

Şekil 3.50. İnşaat Sektörü

Şekil 3.51. Sağlık Sektörü

Genel sektörler bağlamında Şekil 3.48, Şekil 3.49 ve Şekil 3.50’de evetlerin ağırlıklı olarak yer aldığı grafikleri görmekteyiz. Örneğin; şekil 3.49 İnşaat sektöründe lise ve yükseköğrenim görenlerin evet ve hayır cevapları hemen hemen aynı oranda birbirlerini izlediği gözlenmiştir. Bu da demek oluyor ki meslek bağlamında almış olduğumuz eğitimlerin sadece kendi alanlarımız için yeterli ancak hayati önem taşıyan ve bilinmesi gereken detayların atlandığı gözlenmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

İş sağlığı ve güvenliği kültüründe eğitimin ön plana çıkarılmasıyla iş memnuniyeti ve tatmini artırılıp, bilinçli ve kaliteli çalışma ortamı oluşturulması sağlanır. Bunun yanında eğitimin sosyal hayatımıza etkisiyle birlikte çalışma hayatında da çalışan kesimin yaşam kalitesi artırılarak yaptıkları işlerden zevk almaları sağlanmalıdır. Ayrıca, çalışma alanlarında bulunan işçilerin İSG hizmetlerinden yararlanmaları önem arz etmektedir. Yine bunlara ek olarak sosyal güvenlik ağı oluşturulup, iş güvenliğinin çalışma alanında düzenli ve katılımı zorunlu olan eğitimlerle desteklenmesi adına İSG kurulları belirlenmelidir. İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin lisans boyutundan, okul öncesi boyutuna indirgenmesi gerekmektedir; çünkü normal eğitim seviyesinin bile düşük olduğu ülkede sonradan gelen iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının benimsenmesi ve çalışma hayatına geçirilmesi oldukça güç olacaktır. Ülkemizde iş sağlığı bilincinin çalışanın can güvenliğinden çok evrak bazında ilerlediği gerçekliğinden uzaklaşarak verilen eğitimlerin ciddi görsel bloklarla genişletilerek gerçekçi kaza örnekleriyle sunulması için gereken önlemler benimsenmelidir.

İş sağlığı ve güvenliğinin temel amacı; çalışma hayatında sağlığa zarar verebilecek durumların önceden belirlenerek gerekli önlemlerin alınması, güvenli, huzurlu ve rahat bir çalışma ortamıyla birlikte iş kazaları ve meslek hastalıklarının azaltılmasıdır. Teknolojinin gelişmesiyle çalışma standartlarının her geçen gün geliştiği ancak, ülkelerin kaza sirkülasyonlarıyla birlikte kayıplar artmaya devam etmektedir.

İş güvenliği boyutunun gelişmesi aşamasında en önemli görevleri üstlenmesi gereken devlet, işveren ve çalışanın üç taraflı olarak riskleri en alt seviyeye indirilmesi gerekir. Sadece bununla kalmayıp, çalışan kesimin iş ortamlarındaki motivasyonlarını belli seviyede tutma, çalışma saatlerinin uygunluğu, işe uyumları, tatil sürelerinin yeterliliği ve iş ortamında oluşabilecek psikolojik problemler ve bu problemlerle başa çıkabilme kolaylığı sağlanmalıdır. En önemli detay ise eğitimler yolu ile iş sağlığı ve güvenliği bilinci oluşturmak ve bu bilinçle birlikte güvenlik kültürünü etkili hale getirmektir.

Araştırma neticesinde güvenlik kültür algısının öğretilmesi, tanıtılması ve geliştirilmesinin iş yaşamındaki iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları adına katkı sağladığı anlaşılmaktadır.

İş Sağlığı ve güvenliği algısının ölçülmesi adına yapılan bu çalışmadan anlaşıldığı üzere; zorunlu olarak gördüğümüz eğitimlerin ya da mecburi olarak seçtiğimiz mesleklerimizin aslında eğitim bazında hayata dair herhangi ekstra bir öğretilde bulunmadığını gözlemlenmektedir. Ülkemizde yeni bir kapsam olarak, iş sağlığının da eğitimle birleştirilerek ilerlemesi adına yapılan mevzuatların yeteri kadar verim oluşturmadığı, eğitim seviyesi çok yüksek olan çalışan gruplarının bile iş güvenliği bilgi sorularını cevaplamakta güçlük çektiği ve hatta konuyla

alakalı hiçbir bilgiye sahip olmadıkları anlaşılmaktadır. Ülkemizde genel bağlamda iş sağlığı ve güvenliğinin sadece evrak zorunluluğu bilinci taşıyan bir iş olarak görülüp çalışma hayatımızın süreçlerinde yer almadığı gözlemlenmiştir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Canan Cansaran, veri toplama ve analizi, taslak oluşturma anket soru kaynaklarını hazırlama bire bir anket çalışmasının yapılması, anket verileri programlama ve SPSS sonuçları alınarak araştırma bulgularının dökümü oluşturulması, Ergün Eraslan veri analizi, kavramsallaştırma, inceleme ve düzenleme, makalenin oluşturulması, makale çıktılarının yorumlanması konularında katkı sağlamıştır.

Teşekkür

Makalenin daha iyi bir hale gelmesine katkı sunan hakemlere teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Akıllı, H., Aydoğdu, Ö.(2013). İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi 16/245. http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2013_16/245.pdf

Atan, M., Cam, E., Çelik, E., Arslan, B. ve Eravcı, D. (2017). ÇASGEM Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenlik Algısı Araştırma Raporu <http://www.casgem.gov.tr/dosyalar/kitap/117/dosya-117-5309.pdf>

Çetindağ Ş. (2010). “İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi ve Mevzuattaki Güncel Durum” (86) <http://dosya.toprakisveren.org.tr/makale/2010-86-serifcetindag.pdf>

Çelik, E. (2014). “Güvenlik Kültürünün Güvenlik Performansına Etkisi: İş Tatmininin Aracılık Rolü” <http://www.casgem.gov.tr/dosyalar/kitap/117/dosya-117-5309.pdf>

Dursun, S. (2011). *Güvenlik Kültürünün Güvenlik Performansı Üzerine Etkisine Yönelik Bir Uygulama* (Doktora tezi). Uludağ Üniversitesi, Bursa. YÖK tez veri tabanından erişildi. Tez No. 294832

İzgi, M. C. ve Türkmen, Öztürk H. (2012). Akdeniz Üniversitesi’nde Taşeron Sağlık İşçilerinin İşçi Sağlığı ve Güvenliği Durum Tespiti. *Türkiye Halk Sağlığı Dergisi*, Cilt 10 , Sayı 3, Sayfalar 160 - 173 <https://search.proquest.com/openview/0631ccb4a0e65cfee17019ea9fef6344/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032204>

İşler, M. C. (2013). *İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimleri ile Güvenlik Kültürünün İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Önlenmesindeki Etkisi*. İş Müfettişi Yardımcılığı Etüt Yazısı Ankara. <https://docplayer.biz.tr/16052442-Is-sagligi-ve-guvenligi-egitimleri-ile-guvenlik-kulturunun-is-kazasi-ve-meslek-hastaliklarinin-onlenmesindeki-etkisi.html>

Karaman, E. A., Çivici, T. ve Kale, S. (2011). İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğinin İnşaat Sektöründeki Yeri ve Önemi Çanakkale Yayın no: 3041 2000-2005 *Dicle Tıp Dergisi*, 34(4), 264-271. http://bursa.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/16754_28_23.pdf

Korkut, G. ve Tetik, A.(2013). 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nun Getirdiği Yenilikler ve Temel sorunlar.*Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 455-474.Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/1377182-6331-sayili-is-sagligi-ve-guvenligi-kanunu-nun-getirdigi-yenilikler-ve-temel-sorunlar.html>

Tokuç, B. (2016). *Güvenlik Kültürü*. http://www.skb.gov.tr/wp-content/uploads/2016/02/DOC.DR_.BURCU-TOKUC-GUVENLIK-KULTURU.pdf

Uslu, V. (2014). *İşletmelerde İş Güvenliği Performansı ve İş Güvenliği Kültürü Algılamaları Arasındaki İlişki : Eskişehir ili Metal Sektöründe bir Araştırma* Eskişehir Osmangazi Üniversitesi yüksek lisans tezi <http://openaccess.ogu.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11684/303/10045703.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Journal of Turkish Operations Management

Ergonomic staff scheduling problem with goal programming in glass industry*

Safiye Özlem KAÇMAZ^a, Hacı Mehmet ALAKAŞ^{b**}, Tamer EREN^c

^aIndustrial Engineering Department, Kırıkkale University, Kırıkkale, Turkey
e-mail: ozlemkacmaz@hotmail.com, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-3200-9750>

^bIndustrial Engineering Department, Kırıkkale University, Kırıkkale, Turkey
e-mail: hmalagas@kku.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-9874-7588>

^cIndustrial Engineering Department, Kırıkkale University, Kırıkkale, Turkey
e-mail: teren@kku.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-5282-3138>

**Corresponding author

Article info

Article History:

Received: 26.04.2020
Revised: 11.05.2020
Accepted: 09.06.2020

Keywords:

Scheduling,
Ergonomic risk,
Assignment of staffs,
Goal programming model

Abstract

Ergonomic is a science that deals with identifying and improving the factors that affect the health of people in their work and social life. When scheduling activities, ergonomic planning is often neglected. Consequently, discomfort caused by working postures occurs in people and adversely affect their health. It is essential to include an ergonomic assessment in the personnel scheduling activities in the production area. In this study, a factory in the manufacturing sector is discussed. The positions of personnel during the study were analyzed by the REBA method. At the same time, a mathematical model has been established using goal programming. The study aims to reduce the ergonomic risk levels of the personnel. With the application, it is predicted that the musculoskeletal problems experienced by the people will be improved, and the satisfaction levels of the employees will increase.

1. Introduction

Personnel scheduling is the most appropriate assignment of the staff by taking into consideration the expectations and wishes of the staff. Scheduling activities are essential for the continuation of production and production of quality products. Proper scheduling will increase staff satisfaction as well as benefit the business (Bedir et al. 2017). However, ergonomics is often overlooked in personnel scheduling. The more human factor is handled, the more success will be achieved in scheduling activities.

The human factor is the most important source of production both in service and manufacturing. The productivity of the staff is also very effective in the profitability of the enterprise. Staff productivity depends on physical and psychological well-being. Physically appropriate conditions can be achieved by making ergonomic arrangements. Therefore, it is crucial to consider and improve ergonomics in every field of production.

* This article is produced from the master thesis titled "Shift scheduling application with goal programming in the glass industry" presented by the first author in 2019.

Some studies on ergonomic personnel planning: Swat and Krzychowicz (1996) discussed the computer-aided ergonomics system based on the ergonomic stress assessment method. The system has been tested at several machine design centers in Poland and has had positive results. Hignett and McAtamney (2000) examined the Rapid Entire Body Assessment Method (REBA), which is used to measure physical workload. They have practiced on a team of physiotherapists, occupational therapists, and nurses. Akay et al. (2003) analyzed the working stops in an auto-service station using the OWAS (Ovako Working Postures Analysis System) method. They offered alternatives for improving postures. David (2005) discussed the methods used to evaluate the risk factors exposed to musculoskeletal disorders. It provides an overview by comparing all methods with each other. Bard and Wan (2006) addressed the problem of assigning tasks for full-time and part-time workers in a US postal service. They benefited from integer programming and taboo search methods. Santos et al. (2007) discussed the issue of ergonomics in a furniture factory. Using the simulation method, they evaluated the advantages and disadvantages of the works ergonomically. Özel and Çetik (2010) grouped the risk assessment tools in terms of ergonomics and compared their superiority and weakness to each other. They conducted sample analysis for workers in the loading department of a factory and evaluated the results. Esen and Fıglalı (2013) conducted a study dealing with musculoskeletal disorders. In this study, the risk factors causing these disorders are discussed, and the types and symptoms of the diseases are summarized. To prevent disturbances, some principles have been presented, and some scientific methods have been introduced for the detection of risk factors. Rossi et al. (2013) aimed to select the best material handling method for portable materials. They used the Ahp (Analytic Hierarchy Process) method. In the study, they evaluated ergonomic criteria and production performance measurements. Guimaraes et al. (2015) analyzed a furniture company in southern Brazil. They have improved the system both in terms of ergonomics and production with their cellular work design. Bedir et al. (2017) made a personnel chart that takes into account ergonomic conditions in a store in Kırıkkale. They used AHP and Goal Programming methods to solve the problem. The study aimed to balance ergonomic risk factors and working hours. Felekoğlu and Taşan (2017) proposed a systematic approach consisting of four main steps for the enterprise in the metal sector. They used the REBA method. Mengoni et al. (2017) presented a methodology that evaluates ergonomic factors, together with safety factors. They also considered efficiency. They used the simulation method. Özder et al. (2017) Solved the scheduling problem of cleaning staff working in a hospital with the goal programming method. Polat et al. (2017) discussed workers in a furniture factory in Denizli. They examined the image records of thirty-two workers and made measurements. They used the REBA method. As a result, it was determined that approximately 60% of workers were working at risk for the musculoskeletal system. Gür et al. (2019) conducted a study aiming for the effective and balanced use of equipment and resources used in operating theaters. Goal programming and constraint programming methods were used in the study. Özcan et al. (2019) analyzed the scheduling problem of eight radiology technicians working in a hospital with goal programming. They aimed to assign technicians to an equal number of shifts. Özder et al. (2019) evaluated the personnel in natural gas combined cycle power plant with ANP method and planned their shifts with goal programming. Kaçmaz et al. (2019) addressed the shift scheduling problem of personnel in a glass factory. In this study, it is aimed to work in the jobs where the staff are the best and in an equal number of shifts. A goal programming method is used. However, assignments were made without considering ergonomic evaluations. This study was carried out in a glass factory in Ankara. Personnel assignments were realized by integrating personnel skills and ergonomics. There is no necessary for legal or special permission in the work carried out. The aim is to assign each employee the appropriate level of competence and risk during the day. Risk assessment of each personnel's posture-related positions was performed by the REBA method. Goal programming was used for scheduling according to ability. The established mathematical model considers reducing the ergonomic risk factors and the capabilities of the personnel. In the second section of the study, REBA and Goal Programming methods are explained. In the third section, the application is given. In the fourth section, the results of the study are presented, and suggestions are made.

2. Method

2.1. Reba method

Ergonomics is a science that evaluates the characteristics of individuals physically and psychologically and works to be compatible with the environment. For the production sector, the concepts considered are human and machine. Ergonomics aims to increase the productivity of the employees, at the same time, to prevent the discomfort to the health of the employees and to prevent the excessive strain of the body. Although the general purpose of ergonomics is the same, there are multiple methods used in analysis and solutions. In the study, the REBA method was used to evaluate the posture of the individuals. REBA is an analysis method for measuring staff risk levels. The steps of the method are given in Figure 1. There are two different groups in the REBA method. As a result of the evaluation made

for the body, neck, and legs, the scores are given as Group A; The ratings for the upper arm, lower arm and wrist represent Group B.

If the person is carrying a load or exerting a force, an additional score will be awarded and added to Group A. If there is a grip on the person's movement, a score is also given and added to Group B. The person who obtains A and B points obtains the C point by finding the intersection of the marks obtained from a matrix containing Group A and Group B scores. Finally, if there is a repetition of the movements, it is added to the C score and finally, the REBA score is found. More detailed information can be found in the application of the method from Koç and Testik (2016).

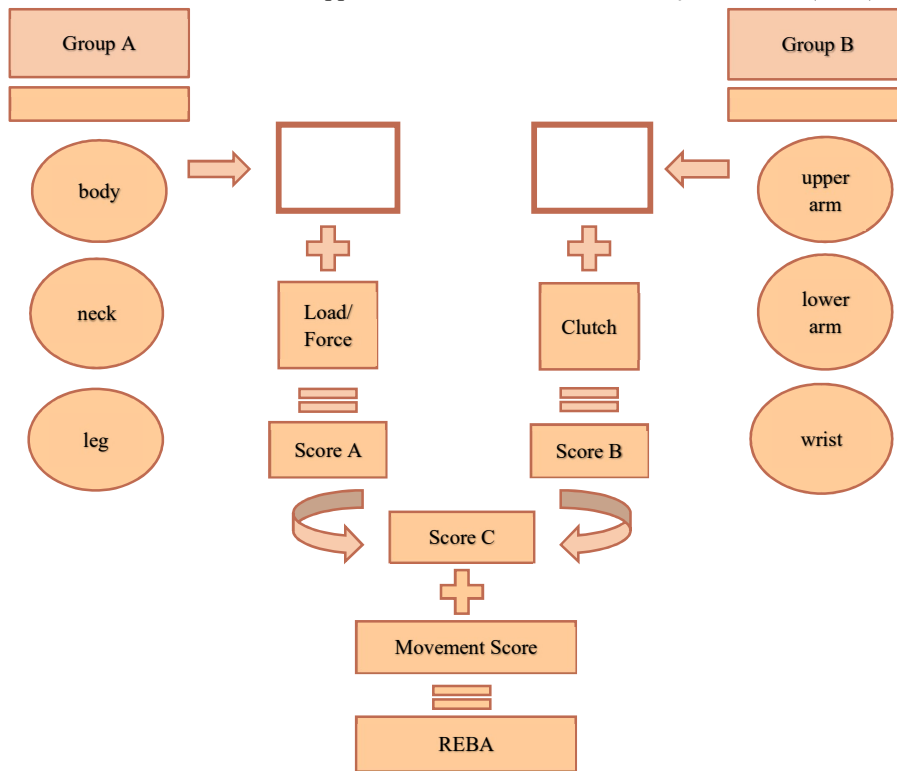


Figure 1. REBA method scoring stages

2.2. Goal programming

Multi-criteria decision-making is the most appropriate choice for the decision-maker among multiple alternatives. One of the most important multi-criteria decision-making techniques is goal programming. Goal programming has many areas of application, such as labor planning, transportation and logistics, scheduling and production activities planning, resource planning and financial analysis. Goal Programming ensures the realization of the aims and goals simultaneously. For this purpose, objectives are established, and goal values are determined for each aim. The solution that minimizes deviations from the determined values is the solution preferred by the decision-maker. The general constraints of the problem are also taken into account. The method aims to provide all constraint equations and to reach as many goals as possible (Kaçmaz et al. 2019).

A general Goal Programming model is given below.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-) \tag{1}$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j + d_i^- + d_i^+ = b_i \tag{2}$$

$$X_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i=1\dots k \quad j=1\dots n \tag{3}$$

Variables

X_j : j.decision variable

a_{ij} : coefficients of i^{th} goal in variable j

b_i : desired goal value of the i^{th} goal

d_i^+ : the deviation values in the positive directions from the i^{th} goal

d_i^- : the deviation values in the negative directions from the i^{th} goal

Research and publication ethics were followed in this study.

3. Application

The application was made in a glass factory in Ankara. There are 7 processes in the factory where 35 personnel are employed. The finished products are obtained from the plate glass. Plate glasses are processed through various means in the factory. Untreated glass takes its final form through different means according to customer requirements. All processes used in glass production are given in Figure 2. Staffs have different competency scores, 1, 2 and 3 for each task. These scores are also taken into consideration in the assignments tasks to the staff. 1 point is best, 2 points are moderate and 3 points are insufficient for that task.

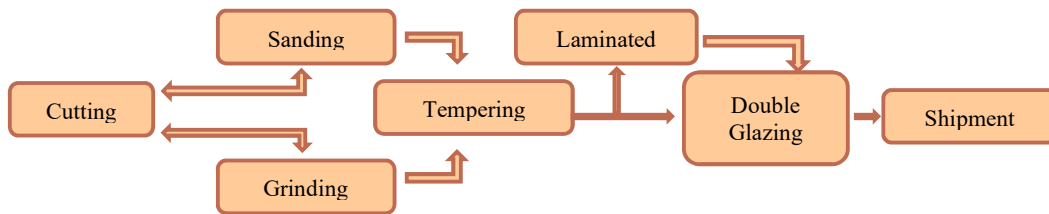


Figure 2. Processes

Table 1. Task numbers in processes

Cutting	Sanding	Grinding	Tempering	Laminated	Double Glazing	Shipment
3	3	3	4	8	7	3

Processing times and the number of personnel required to perform the tasks were determined for each process. Processing times are in minutes and the same for each staff. Table 1 shows how many tasks are in each section. Table 2 shows the duration of the tasks and the number of personnel required.

Table 2. Tasks, processing time and number of staff required

No	Tasks	Time	Required Staff	No	Tasks	Time	Required Staff
1	Removing cut glass from the table	236	3	17	Latching of laminated glass	315	2
2	Placing the glass in a coffee table or car	142	2	18	Placing the latched glasses on the stands	315	2
3	Tying the glass with rope and pulling them to the other section	72	3	19	Connecting the glass to the stands with rope	90	1
4	Placing the glasses on the sanding line	360	2	20	Placement of tripods in autoclave with suspended crane	60	3
5	Placing the sanded glass in the car	380	2	21	Edge cleaning of glass after autoclave	220	2
6	Tying the glass with rope and pulling them to the other section	72	3	22	Placing the glass on the double glazing line	360	2
7	Lifting the windows by hand and loading horizontally on the line	358	2	23	Cutting of laths according to glass dimensions	120	1
8	Manual lifting of grinding glass	370	2	24	Filling the laths with dehumidifier	90	1
9	Tying the glass with rope and pulling them to the other section	72	3	25	Butyl withdrawal to the edges of the slat	250	1

10	Lifting the windows by hand and loading horizontally on the line	320	2	26	Gluing the laths on the glass	354	2
11	Lifting the tempered glass by hand and placing it in the car	332	2	27	Peeling off and filling the glass edge	375	2
12	Measurement of glass and putting paper between glass	330	1	28	Lifting the filled glass to the tables and taping	360	3
13	Tying the glass with rope and pulling them to the other section	72	3	29	Pulling the tables to the other section	30	2
14	Lifting the windows by hand and loading horizontally on the line	300	2	30	Tie-down and stretching of the glass	165	2
15	Spreading and cutting PVB	120	2	31	Loading and placing on forklifts	150	3
16	Placing the other glass on the laid PVB with the suction cup	180	2				

REBA scores for the tasks identified in Table 2 were calculated. Information on the calculation of points is given in the REBA method section. Table 3 shows the REBA scores.

Table 3. REBA points of tasks

No	Tasks	Group A					Group B					Score C	Movement Score	REBA Score
		Body	Neck	Leg	Load/Force	Score A	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Grip	Score B			
1	Removing cut glass from the table	4	1	1	2	5	3	2	0	0	4	5	1	6
2	Placing the glass in a coffee table or car	2	2	2	2	6	1	2	2	0	2	6	0	6
3	Tying the glass with rope and pulling them to the other section	3	2	2	0	5	1	1	1	0	1	4	0	4
4	Placing the glasses on the sanding line	3	1	1	1	3	1	1	2	0	2	3	1	4
5	Placing the sanded glass in the car	3	1	1	1	3	1	1	2	0	2	3	1	4
6	Tying the glass with rope and pulling them to the other section	3	2	2	0	5	1	1	1	0	1	4	0	4
7	Lifting the windows by hand and loading horizontally on the line	3	1	1	2	4	2	1	2	0	2	4	0	4
8	Manual lifting of grinding glass	2	1	1	2	4	2	1	1	0	1	3	0	3
9	Tying the glass with rope and pulling them to the other section	3	2	2	0	5	1	1	1	0	1	4	0	4
10	Lifting the windows by hand and loading horizontally on the line	3	1	1	2	4	2	1	2	0	2	4	0	4
11	Lifting the tempered glass by hand and placing it in the car	2	1	1	2	4	2	1	1	0	1	3	0	3
12	Measurement of glass and putting paper between glass	1	1	1	0	1	3	1	1	0	3	1	0	1
13	Tying the glass with rope and pulling them to the other section	3	2	2	0	5	1	1	1	0	1	4	0	4
14	Lifting the windows by hand and loading horizontally on the line	3	1	1	2	4	2	1	2	0	2	4	0	4
15	Spreading and cutting PVB	1	2	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
16	Placing the other glass on the laid PVB with the suction cup	1	1	1	0	1	2	2	2	0	3	1	0	1
17	Latching of laminated glass	1	2	1	0	1	1	2	1	0	1	1	1	2
18	Placing the latched glasses on the stands	2	1	1	1	3	1	2	1	0	1	2	0	2
19	Connecting the glass to the stands with rope	3	2	2	0	5	1	1	1	0	1	4	0	4
20	Placement of tripods in autoclave with suspended crane	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
21	Edge cleaning of glass after autoclave	3	3	1	0	5	1	1	1	0	1	4	0	4
22	Placing the glass on the double glazing line	3	1	1	1	3	1	1	2	0	2	3	1	4
23	Cutting of laths according to glass dimensions	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	2
24	Filling the laths with dehumidifier	1	2	1	0	1	4	1	1	0	4	2	0	2
25	Butyl withdrawal to the edges of the slit	1	2	1	0	1	1	2	1	0	1	1	1	2
26	Gluing the laths on the glass	1	1	1	0	1	4	1	1	0	4	2	0	2
27	Peeling off and filling the glass edge	1	3	1	0	3	1	1	2	0	2	3	0	3
28	Lifting the filled glass to the tables and taping	4	1	3	2	9	1	2	1	0	1	9	0	9
29	Pulling the tables to the other section	1	2	1	2	3	1	1	1	0	1	2	0	2
30	Tie-down and stretching of the glass	3	2	2	0	5	1	1	1	0	1	4	0	4
31	Loading and placing on forklifts	2	2	1	2	5	2	1	1	0	1	4	0	4

The goal programming model of the problem is as follows:

Goal programming model

Parameters

n: number of staff working in the factory

m: number of tasks in the factory

i: staff index

j: task index

n=35

m=31

i=1,2,...,n

j=1,2,...,m

t_j : time of task j $j=1,2,\dots,m$
 l_j : Reba score of task j $j=1,2,\dots,m$
 K_j : staff need of task j $j=1,2,\dots,m$
 C_{ij} : ability assessment of staff i for task j $i=1,2,\dots,n$ $j=1,2,\dots,m$

Decision variables

$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{i. staff j. is assigned to the task,} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$ $i=1,2,\dots,n$ $j=1,2,\dots,m$
 d_{1i}^+ : Positive deviation of staff i for the goal 1 $i=1,2,\dots,n$
 d_{1i}^- : Negative deviation of staff i for the goal 1 $i=1,2,\dots,n$
 d_{2j}^+ : Positive deviation of task j for the goal 2 $j=1,2,\dots,m$
 d_{2j}^- : Negative deviation of task j for the goal 2 $j=1,2,\dots,m$

Constraints

Staff need for tasks:
 $\sum_{i=1}^n X_{ij} = K_j$ $j=1,2,\dots,m$ (4)

Restrictions of each staff to a maximum of three tasks:
 $\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq 3$ $i=1,2,\dots,n$ (5)

Maximum and minimum time each staff can work during the day:
 $\sum_{j=1}^m X_{ij} * t_j \leq 480$ $i=1,2,\dots,n$ (6)

$\sum_{j=1}^m X_{ij} * t_j \geq 370$ $i=1,2,\dots,n$ (7)

Goal constraints

Equal reba points for each staff member:
 $\sum_{j=1}^m X_{ij} * t_j * l_j + d_{1i}^- - d_{1i}^+ = \sum_{j=1}^m X_{ij} * t_j * 4$ $i=1,2,\dots,n$ (8)

Assignment of competent staff for each task:
 $\sum_{i=1}^n X_{ij} * c_{ij} + d_{2j}^- - d_{2j}^+ = \sum_{i=1}^n X_{ij} * 1$ $j=1,2,\dots,m$ (9)

Objective function

Min $Z = \sum_{i=1}^n d_{1i}^+ + \sum_{j=1}^m d_{2j}^+$ (10)

Eq. (4) ensures the number of staff needed for the assigned tasks, Eq. (5) not to assign each staff to more than three tasks during the day, Eq. (6) refers to the assignment of each staff to the tasks not exceeding the daily working time. Eq. (7) prevents it from working under a certain period. In terms of goal constraints, Eq. (8) states that staff should work as equally as possible in terms of risk factors. Eq. (9) provides the assignment according to the abilities of the staff, taking into account the competence factor. The objective function is given in Eq. (10) and minimizes the REBA scores of each staff and maximizes staff competencies that perform the tasks.

Table 4. Task schedule assigned to personnel

Task/ Staff	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total Term of Duty	Average REBA Score
1			x				x																								430	4,00	
2						x					x																				404	3,18	
3	x															x															416	3,84	
4				x																								x			390	3,85	
5																		x	x	x											405	2,44	
6																	x			x											375	1,84	
7				x		x															x										432	4,00	
8											x									x											392	2,69	
9	x															x															416	3,84	
10	x																											x			386	5,22	
11								x	x																						392	4,00	
12						x																x									432	4,00	
13								x																		x					426	2,34	
14																x										x		x			480	7,00	
15								x	x																						430	4,00	
16									x																						370	3,00	
17															x													x			480	7,00	
18													x						x												387	2,37	
19													x	x																	372	4,00	
20		x																x													457	3,24	

Conflict of Interest

The authors declared that there is no conflict of interest.

References

- Akay, D., Kurt, M., & Dağdeviren, M. (2003). Ergonomic analysis of working postures. *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 18(3), 73-84. url:<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/76208>
- Bard, J.F., Wan, L. (2006). The task assignment problem for unrestricted movement between workstation groups. *Journal of Scheduling* 9(4):315-341. doi:<https://doi.org/10.1007/s10951-006-7038-7>
- Bedir, N., Eren, T., & Dizdar, E.N. (2017). Ergonomic staff scheduling and an application in the retail sector. *Journal of Engineering Sciences and Design* 5(3):657-674. doi:<https://doi.org/10.21923/jesd.331259>
- David, G.C. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine* 55(3):190-199. doi:<https://doi.org/10.1093/occmed/kqi082>
- Esen, H., Fiğlalı, N. (2013). Working posture analysis methods and the effects of working posture on musculoskeletal disorders. *Sakarya University Journal of Science* 17(1):41-51. url:<http://www.saujs.sakarya.edu.tr/tr/download/article-file/192676>
- Gür, Ş., Eren, T., & Alakaş H.M. (2019). Surgical operation scheduling with goal programming and constraint programming: a case study. *Mathematics* 7(3):251. doi:<https://doi.org/10.3390/math7030251>
- Felekoğlu, B., Taşan, S.Ö. (2017). Ergonomic risk assessment for work-related musculoskeletal disorders: a systematic reactive/proactive integrated approach. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(3):777-793. doi:<https://doi.org/10.17341/gazimmfd.337625>
- Guimaraes, L.B.d.M., Anzanello, M.J., Ribeiro, J.L.D., & Saurin, T.A. (2015). "Participatory ergonomics intervention for improving human and production outcomes of a brazilian furniture company." *International Journal of Industrial Ergonomics* 49:97-107. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.02.002>
- Hignett S., McAtamne, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics* 31(2):201-205. doi:[https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Kaçmaz, S.Ö., Alakaş, H.M., & Eren, T. (2019). Shift scheduling with the goal programming method: a case study in the glass industry. *Mathematics* 7(6):561. doi:<https://doi.org/10.3390/math7060561>
- Koç, S., Testik, Ö.M. (2016). Investigation and minimization of musculoskeletal risks in furniture industry with different methods. *Journal of Industrial Engineering* 27(2):2-27. url:https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/0bbc3c6992b5523_ek.pdf
- Mengoni, M., Matteucci, M., & Raponi, D. (2017). A multipath methodology to link ergonomics, safety, and efficiency in factories. *Procedia Manufacturing* 11:1311-1318. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.259>
- Özcan, E., Danişan, T., Yumuşak, R., Gür, Ş., & Eren, T. (2019) Goal programming approach for the radiology technician scheduling problem. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences* 37(4):1407-1416
- Özder, E., Varlı, E., Eren, T. (2017). Hedef programlama yaklaşımı ile temizlik personeli çizelgeleme problemi için bir model önerisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* 7(2), 114-127. doi: <https://doi.org/10.31466/kbfd.342344>

Özder, E.H., Özcan, E., Eren, T. (2019). Staff task-based shift scheduling solution with an ANP and goal programming method in a natural gas combined cycle power plant. *Mathematics* 7(2), 192.
doi:<https://doi.org/10.3390/math7020192>

Özel, E., Çetik, O. (2010). Tools used in the analysis of occupational duties and a sample application. *Dumlupınar University Journal of Institute of Science* 22:41-56.
url:<https://birimler.dpu.edu.tr/app/views/panel/ckfinder/userfiles/16/files/Dergiler/22/sayi5pdf.pdf>

Polat, O., Mutlu, Ö., Çakanel, H., Doğan, O., Özçetin, E., & Şen, E. (2017). Working posture analyses of workers with reba method in a furniture factory. *Journal of Engineering Sciences and Design* 5:263-268.
doi:<https://doi.org/10.21923/jesd.41742>

Rossi, D., Bertoloni, E., Fenaroli, M., Marciano, F., & Alberti, M. (2013). A multi-criteria ergonomic and performance methodology for evaluating alternatives in “manuable” material handling. *International Journal of Industrial Ergonomics* 43(4):314-327. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2013.04.009>

Santos, J., Sarriegi, J.M., Serrano, N., & Torres, J.M. (2007). Using ergonomic software in non-repetitive manufacturing processes: A case study. *International Journal of Industrial Ergonomics* 37(3):267-275.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2006.10.022>

Swat, K., Krzychowicz, G. (1996). Ergonom: Computer-aided working posture analysis system for workplace designers. *International Journal of Industrial Ergonomics* 18(1):15-26. doi:[https://doi.org/10.1016/0169-8141\(95\)00031-3](https://doi.org/10.1016/0169-8141(95)00031-3)



Journal of Turkish Operations Management

Endüstri mühendisliği perspektifinden akıllı ulaşım sistemleri üzerine sistematik bir literatür taraması

Ali Can GÜVEN^{a*}, Barış KEÇECİ^b

^aEndüstri Mühendisliği Bölümü, Başkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye
e-mail: alican.guven@hotmail.com, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-5809-1097>

^bEndüstri Mühendisliği Bölümü, Başkent Üniversitesi, Ankara, Türkiye
e-mail: bkececi@baskent.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-2730-5993>

*Sorumlu yazar

Makale Girişi

Makale Geçmişi:

Geliş: 09.01.2020
Revize: 15.05.2020
Kabul: 30.06.2020

Anahtar Kelimeler:

Akıllı ulaşım sistemleri,
Endüstri mühendisliği,
Simülasyon,
Optimizasyon

Özet

Akıllı şehirler, sakinlerini dijital topluluklara dönüştüren ve onların hayatını her yönden kolaylaştıran bir anlayışla hızla gelişmektedir. Akıllı şehirlerin önemli parçası olan akıllı ulaşım sistemleri (AUS), herkesin vazgeçilmez bir parçası haline geliyor. AUS uygulamaları bugün birçok ülkede yaygın olarak kabul görmekte ve kullanılmaktadır. Kullanım yalnızca trafik sıkışıklığı kontrolü ve bilgileri ile sınırlı değildir, aynı zamanda yol güvenliği ve verimli altyapı kullanımı da ana amaçlar arasındadır. Sunmuş olduğu sınırsız fırsatlar nedeniyle, AUS günümüzde çok disiplinli bir konjektürel çalışma alanı haline geldi ve bilim dünyasından da yoğun bir ilgi görmüştür. Bu açıdan endüstri mühendisleri için de AUS uygulamalarının geliştirilmesinde özellikle optimizasyon ve simülasyon açısından önemli fırsatlar bulunmaktadır. Ayrıca AUS sistemlerinin bir sistem yaklaşımı içinde geliştirilmesi de yine tasarım açısından endüstri mühendisliği ilgi alanına girmektedir. Bu çalışmanın amacı AUS ile ilgili yapılmış olan çalışmaları Endüstri Mühendisliği perspektifinden sistematik bir şekilde inceleyip konuya ilgi duyan araştırmacılara konu ile ilgili genel resmi göstermektir.

Article Info

Article History:

Received: 09.01.2020
Revised: 15.05.2020
Accepted: 30.06.2020

Keywords:

Intelligent transportation systems,
Industrial engineering,
Simulation,
Optimization

Abstract

Smart cities are developing rapidly with an understanding that transforms their inhabitants into digital communities and makes their lives easier in several aspects. Intelligent transportation systems (ITS), which is the most important part of smart cities, are becoming an indispensable part of everyone. ITS applications are widely accepted and used in many countries today. Usage is not limited to traffic congestion control and information, but also road safety and efficient infrastructure use are among the main objectives. Due to the unlimited opportunities it offers, ITS has become a multidisciplinary field of study and has received a lot of attention from the scientific community. In this respect, there are important opportunities for industrial engineers in the development of ITS applications, especially in terms of optimization and simulation. In addition, industrial engineers deal with the development of ITS design using a system design perspective. The aim of this study is to examine systematically the studies related to ITS from the Industrial Engineering perspective and to show the general picture to the interested researchers.

1. Giriş

Taşımacılık sektöründe enerji tüketimi son on yılda istikrarlı bir şekilde artmıştır ve bu artışın devam etmesi beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, 1973 ile 2010 arasında, ulaştırma sektörünün dünya petrol tüketimindeki payı %45'ten %61'e yükselmiştir. Uluslararası Temiz Taşımacılık Konseyi, 2000 ve 2030 yılları arasında ulaştırma sektöründen kaynaklanan küresel karbondioksit emisyonlarında %112'lik bir artış öngörmektedir. Bu artışın büyük kısmı, gelişmekte olan ekonomilere sahip ülkelerde gelirlerin artmasıyla birlikte, mobilite ve araç sahipliğinin artmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin, Dünya Enerji Konseyi senaryo projeksiyonlarına göre, gelişmekte olan ülkelerdeki otomobil sayısının 2010 ve 2050 arasında %430'a kadar artabileceğini göstermektedir. Artan gelirler, hareket kabiliyetinin artması ve yaşam kalitesinin artması istenen sonuçlardır. Ancak, bu rakamlar alternatif yakıtlara, alternatif ulaşım modlara ve artan sistem verimliliğine olan ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır.

2000'li yıllardan itibaren, insanların ve eşyaların verimli bir şekilde taşınması konusunun daha önce tahmin edilenden çok daha karmaşık olduğu açıkça ortaya çıkmaya başlamıştır. Sorun sadece yüzey taşımacılığı ile sınırlı olmamakla birlikte tren, hava yolu taşımacılığı (yolcu ve kargo) ve deniz yolu taşımacılığı (gemi ve feribot) gibi diğer taşıma yöntemlerini de kapsamaktadır. Böylelikle Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) kavramı ortaya çıkmıştır. Ulusal ve uluslararası düzeyde gerçek ve pratik çözümler elde etmek için değişik ulaşım modları arasındaki karmaşık ve asenkron olmayan kısıtları da göz önüne alan ve temel bir hedef fonksiyonunun optimizasyonunu hedefleyen (örneğin ulaşım süresinin en küçüklenmesi) bütüncül bir yaklaşımın geliştirilmesi benimsenmiştir. Çok uzak olmayan bir gelecekte, aya, diğer yapay uydulara ve gezegenlere uzay yolculuğu rutin hale gelecektir. AUS temelleri planlanırken gelecekte meydana gelebilecek olan bu tür gelişmeler de göz önüne alınarak entegrasyonun sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

Bu karmaşık problemin çözümü iki temel bilimsel ilerlemeye bağlıdır. Bunlardan ilki, güçlü masaüstü iş istasyonları ve mobil dizüstü bilgisayarlar, avuç içi bilgisayarlar ve el tipi kişisel dijital asistanlar (akıllı telefonlar, tabletler) gibi araçlar vasıtasıyla bilgi işlem gücündeki artıştır. İkincisi, iletişim ve kontrol için hem kablolu hem de kablosuz ağ bağlantısı olanaklarının artmasıdır. Ancak, yalnızca bilgi işlem gücü ve ağ bağlantısı olanaklarının yaygınlaşması bir çözümü otomatik olarak garanti etmez. Örneğin, General Elektrik firması araştırmacılarından Carley (1998), yetersiz bilgi, koordinasyon ve kontrol kaynaklı demiryolu koridorlarındaki darboğazlar ve beklemler nedeni ile lokomotiflerin %60 kapasite ile kullanıldıklarını tespit etmiştir. Bu düşük verimlilikle ulaşım sistemlerinin sürdürülebilirliği mümkün değildir. Dolayısıyla karmaşık ulaşım problemlerini başarılı bir şekilde çözmek ancak ve ancak kontrol ve koordinasyon algoritmalarının bütün ulaşım modlarını kapsayacak şekilde kapsamlı olarak tasarlanması ile mümkün olacaktır.

Bu çalışmada ilk olarak akıllı ulaşım sistemleri konusunun seçilmesindeki motivasyon ve konunun Endüstri Mühendisliği açısından önemi açıklanacaktır. Üçüncü bölümde araştırma için kullanılan metodoloji, araştırmanın amaçları ve araştırma soruları verilmiştir. Dördüncü bölümde ise yapılan çalışmanın literatüre olan katkısı anlatılmıştır. Beşinci bölümde akıllı ulaşım sistemleri tasarımında modelleme ve simülasyon tekniklerinin kullanımı ile ilgili araştırma sonuçları verilmiş ve altıncı bölümde ise akıllı ulaşım sistemleri tasarımında optimizasyon yaklaşımı ile ilgili yapılan çalışmalar ile ilgili bilgi verilmiştir. Son olarak sonuç bölümünde yapılan çalışma özetlenmiştir.

2. Motivasyon ve Konunun Endüstri Mühendisliği Açısından İncelenmesi

Akıllı şehirler vatandaşlarını dijital topluluklara dönüştüren ve onların hayatını her yönden kolaylaştıran bir anlayışıyla hızla gelişmektedir. Akıllı şehirlerin en önemli parçası olan akıllı ulaşım sistemleri, herkesin vazgeçilmez bir parçası haline geliyor. Herhangi bir şehirde hareketlilik kilit bir husustur. Vatandaşların hayatlarını akıllı ulaşım sistemleri ile güçlendirmek onlara zaman kazandırabilir ve şehri daha da akıllı hale getirebilir. AUS trafik sorunlarını en aza indirerek trafik verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Kullanıcıları trafik, gerçek zamanlı çalışma bilgileri, koltukların kullanılabilirliği vb. konular hakkında önceden bilgilendirerek karar vermelerine yardımcı olur ve bu da taşıtların seyahat süresini azaltır, güvenlik ve rahatlıklarını artırır.

AUS uygulamaları bugün birçok ülkede yaygın olarak kabul görmekte ve kullanılmaktadır. Kullanım yalnızca trafik sıkışıklığı kontrolü ve bilgileri ile sınırlı değildir, aynı zamanda yol güvenliği ve verimli altyapı kullanımı da ana amaçlar arasındadır. Sınırsız olanakları nedeniyle, AUS günümüzde çok disiplinli bir konjonktürel çalışma alanı haline geldi ve bu nedenle dünyadaki birçok kuruluş, AUS uygulamaları geliştirmek için yoğun bir şekilde çalışmaktadır. Bu açıdan endüstri mühendisleri için de AUS uygulamalarının geliştirilmesinde özellikle optimizasyon ve simülasyon

açısından önemli fırsatlar bulunmaktadır. Ayrıca AUS sistemlerinin bir sistem yaklaşımı içinde geliştirilmesi de yine tasarım açısından endüstri mühendisliği ilgi alanına girmektedir.

Yük taşımacılığı ve lojistik doğal olarak Endüstri Mühendisliğinin ilgi alanına giren iki ana başlıktır, çünkü bir tedarik zinciri performansı bu iki temel bileşenin etkinliğine bağlıdır. Endüstri mühendisleri hammaddelerin üretim birimlerine ulaşmasını ve nihai ürünlerin müşteriye zamanında ve en uygun maliyetle ulaşmasını sağlamak için çalışırlar. Yük taşımacılığı sistemlerini ve lojistiğini geliştirmek için birçok araştırma yapılmış olmasına rağmen, özellikle de birden çok taşımacılık alt sistemi (yük taşımacılığı, toplu taşıma ve bireysel araçlar) tek bir taşımacılık sistemi olarak kabul edildiğinde, yapılacak önemli ölçüde araştırma konusu bulunmaktadır.

Karşılaşılabilecek sorunlar hem çoktur hem de bu problemlerin çözümü oldukça zordur. Ekonomik açıdan bakarsak, şirketler ham maddelerinin, ürünlerinin ve çalışanlarının zamanında istenilen yerde olmasını isterler. Toplum açısından bakarsak, taşıma sistemleri bireylerin istedikleri her yere gitmelerini ve mümkün olan en az yorgunluk ile görevlerine hızlı bir şekilde ulaşmalarını sağlamalıdır. Ulaşım sistemleri ayrıca hükümetlerin az gelişmiş bölgelere erişim sağlamalarının bir aracıdır. Son olarak, iyi ulaşım sistemleri, bireysel taşıtlar yerine çok modlu taşıma alternatifleri (yürüme, bisiklete binme, tramvay ya da otobüs alma) önererek hem sera gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlarlar hem de trafik yoğunluğunun azalmasına katkıda bulunurlar.

Ulaşım sistemleri ile ilgili yapılacak bir çalışmada demiryolları, karayolları, yaya ve bisiklet yolları, nehir / deniz yolları ve hava yollarına bir bütün olarak bakmak gerekmektedir. Her ağ diğerlerine transfer terminalleri (otobüs / tren istasyonları, limanlar, havaalanları) aracılığıyla bağlanır. Bugün, bu ağlar üzerinden hem yük hem de yolcu için iki tür hizmet vardır. Bu hizmetlerden ilki talebe bağlı hizmettir, örneğin taksi hizmeti. Kişisel araçların kullanımı da bu kategoride kabul edilmektedir. Talebe bağlı hizmet daha yüksek maliyetler ve çevresel etkiler pahasına daha fazla esneklik sunar. İkinci tip hizmet ise konsolide hizmetlerdir. Servisler düzenli sıklıkta planlanır, yük veya yolcu akışları ana merkezler aracılığıyla konsolide edilir. Her ne kadar bu hizmet türü talep üzerine planlanandan daha az esnek olsa da taşıt ve konteyner gibi ulaşım kaynaklarını daha iyi doldurma avantajına sahiptir. Böylece daha az kaynak israfı olur ve taşıma maliyetleri önemli ölçüde düşer.

Özet olarak AUS uygulamalarının geliştirilmesi disiplinler arası bir çalışma alanı olmakla birlikte sistemlerin tasarlanmasında, işletilmesinde, kontrolünde ve geliştirilmesinde Endüstri Mühendisleri için önemli fırsatlar bulunmaktadır. Özellikle verilen servislerin optimizasyonunda ve kurulacak sistemlerin tasarım aşamasından başlanarak simüle edilmesi ve doğruluklarının kontrol edilmesinde önemli katkılar sunulabilir.

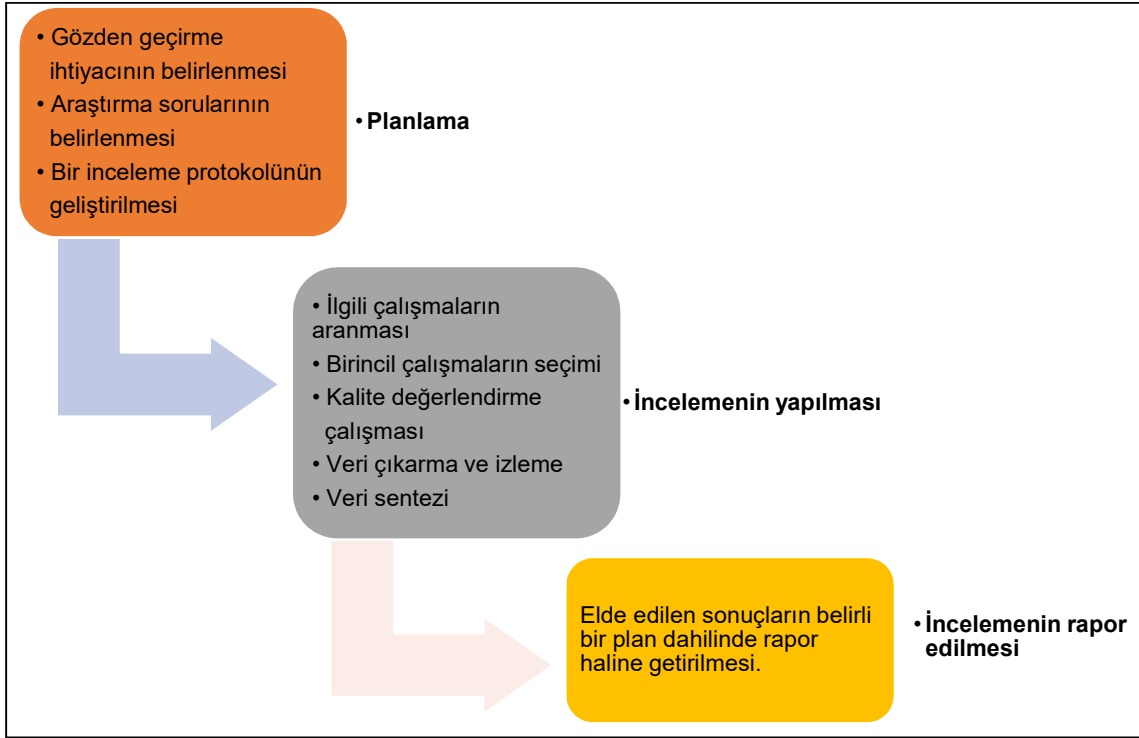
3. Kullanılan Metodoloji ve Çalışmanın Amacı

Her yıl çeşitli konularla ilgili olarak büyük miktarda araştırma yapılmakta ve bu araştırma sonuçlarında çeşitli farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmalar arasındaki bu farklılıklar yöntemden, hatalardan, ölçümden kaynaklanıyor olabilir. Bu gibi durumlarda, genel resmin ne olduğu, hangi sonuçların en güvenilir olduğu veya hangi sonuçların karar vericiler tarafından kullanılacağı tam olarak belli değildir (Siddaway, 2014).

Sistemik Derleme Metodolojisi, bir veya daha fazla araştırma sorusunu ele alan tüm ilgili, yüksek kaliteli bireysel çalışmaların bulgularını tanımlayarak, eleştirel bir şekilde değerlendirerek ve birleştirerek bu sorunları çözmeyi amaçlamaktadır (Bem, 1995; Cooper, 2003). Sistemik Derleme Metodolojisi, kendi başına bir araştırma çeşididir ve doğası gereği, spesifik çalışmaların yapabileceğinden çok daha geniş soruları ele alabilir ve farklı bulgular arasındaki bağlantıları açığa çıkarabilir (Baumeister ve Leary, 1997). Bu yönüyle sistemik derleme, diğer tüm araştırma tasarımlarının üstünde yer almaktadır ve en önemli pratik sonuçları sağlama potansiyeline sahiptir.

Sistemik derlemeler objektif, sistemik, şeffaf ve tekrarlanabilir olmakla karakterize edilir. Belirli bir araştırma sorusunu ele alan çalışmaları bulmak için sistemik bir arama sürecinin yanı sıra, bu araştırmanın sonuçlarının özelliklerinin ve bulgularının sistemik bir sunumunu ve sentezini içerir. Gözden geçirme ve dahil etme kriterleri objektif, açıkça belirtilmiş ve tutarlı bir şekilde uygulanmıştır; belirli çalışmaları dahil etme veya hariç tutma kararının okuyuculara açık olması ve aynı kriterleri kullanan başka bir araştırmacının da aynı kararı vermesi muhtemeldir. Sistemik bir gözden geçirmenin amaçlarına en iyi şekilde ulaşmak için bir avukattan ziyade bir hakimim ve jürinin zihniyetinin benimsenmesi tavsiye edilir (Baumeister, 2013). Bir yargıç ve jüri en adil kararı vermek için kanıtları şüpheyle değerlendirir. Buna karşılık, bir avukatın delillere yaklaşımı, savunduğu tarafın lehine subjektiftir.

Bu çalışmada kullanılan sistemik derleme metodolojisi aşamaları Şekil 1’de özetlenmiştir.



Şekil 1. Sistematik derleme metodolojisi aşamaları

Planlama aşamasında ilk olarak akıllı ulaşım sistemleri konusu ile ilgili olarak yapılan çalışmaların incelenerek endüstri mühendisliği açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda aşağıdaki araştırma soruları belirlenmiştir:

- AUS sistemleri nasıl tanımlanmaktadır? AUS kapsamında sunulan hizmet paketleri ve kullanıcı servisleri nelerdir?
- AUS sistemlerinin geliştirilmesi ile ilgili olarak nasıl bir tarihsel süreç izlenmiştir?
- AUS sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılan endüstri mühendisliği araçları nelerdir? Bu araçlar hangi amaçlarla kullanılmıştır?
- AUS tasarımında modelleme ve simülasyon araçları hangi amaçlarla kullanılmıştır? Bu amaçla geliştirilen uygulamalar nelerdir? Bu uygulamaların kullanım kapsamı nedir?
- AUS tasarımında optimizasyon uygulamaları nelerdir? Bu uygulamaların kullanım alanları nelerdir? Optimizasyon uygulamaları gelecekte hangi amaçlarla kullanılabilir?

Araştırma soruları belirlendikten sonra bir inceleme prosedürü geliştirilmiştir. Bu prosedüre göre öncelikli olarak her bir araştırma sorusu ile ilgili olarak hızlı bir literatür taraması yapılacak ve bulunan çalışmalar hızlı bir şekilde gözden geçirilerek gerekli ve önemli olan çalışmalar seçilecek diğer çalışmalar ise elenecektir. Daha sonra seçilen çalışmalar daha detaylı olarak incelenecek ve araştırma sorularına cevap verecek şekilde çalışmalar sınıflandırılacak ve mantıksal bir sıra dahilinde raporlama işlemine geçilecektir.

Bu makale, yazarlardan Ali Can Güven'in Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir. Çalışmada kullanılan bu yöntem tasarlanırken Araştırma ve Yayın Etiğine uyulmuştur. Makalede yapılan çalışma için herhangi bir yasal/özel izin gerekmemiştir.

4. Çalışmanın Literatüre Katkısı

Kentsel trafik ağlarında tıkanıklık, ekonomiye olduğu kadar doğal çevreye de büyük bir tehdittir ve insan yaşamının kalitesi üzerinde olumsuz etkileri vardır. Trafik sıkışıklığı, seyahat zamanlarını, kuyruk uzunluğunu, zararlı gaz emisyonlarını ve trafik ışıklarında boşa kalma sürelerini azaltmak için sert stratejiler gerekmektedir. Konvansiyonel trafik yönetimi çözümleri, esas olarak araçlar ile altyapı arasında kendi aralarında yeterli iletişim bulunmamasından dolayı birçok kısıtlamayla karşı karşıyadır. Özellikle son yıllarda trafik akışını ve güvenliğini artırmak için çeşitli araç otomasyon ve haberleşme sistemleri (Diakaki ve diğ., 2015) ve otonom araçlar ile ilgili büyük gelişmeler olmuştur (Butakov ve Ioannou, 2015).

Yukarıdaki gelişmeler bilgi ve iletişim teknolojilerini trafik yönetim sistemlerinin etkinliği için veya daha genel olarak AUS açısından önemli bir başarı faktörü haline getirmektedir. Etkili iletişim kullanımı sayesinde, tıkanıklık ve gaz emisyonları en aza indirgenebilir ve güvenlik önemli ölçüde iyileştirilebilir (Maimaris ve Papageorgiou, 2017).

Bu çalışma, AUS sistemleri ile ilgili şu ana kadar yapılmış olan araştırmaların sistematik derleme metodu ile incelenerek sınıflandırılmasını ve özellikle endüstri mühendisliği açısından bir değerlendirmesini sunmaktadır. Geçmişte yapılan çalışmalara baktığımızda, trafik yönetimi ve kontrolü ile ilgili AUS uygulamalarına yönelik birçok uygulama bulunmaktadır (Yang ve Bagrodia, 2009; Cobo, Chiclana ve Collop, 2014; Feteiha ve Hassanein, 2015). AUS sistemlerini geliştirilmesinde endüstri mühendisleri de önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle sistemlerin modellenmesi ve simüle edilmesinde ve karar değişkenlerinin optimizasyonunda endüstri mühendislerine olan ihtiyaç her geçen gün daha da artmaktadır. Bu çalışmada hem modelleme ve simülasyon hem de optimizasyon ile ilgili olarak yapılan AUS çalışmaları gözden geçirilmiştir. Dolayısı ile araştırmacılar modelleme, simülasyon ve optimizasyonun AUS uygulamalarında kullanımı ile ilgili bilgi sahibi olacak ve yapılacak çalışmayı nerede konumlandıracaklarına karar verebileceklerdir.

5. Akıllı Ulaşım Sistemleri Tasarımında Modelleme ve Simülasyon Teknikleri

Etkin ulaştırma sistemleri, her toplumda yaşam kalitesine önemli ölçüde katkıda bulunurken mal ve insanların verimli bir şekilde taşınmasını sağlar. Her ekonomik ve sosyal gelişmenin merkezinde, her zaman bir ulaşım sistemi vardır. Bu arada, artan araç sayısı, kentleşme, nüfus artışı ve nüfus yoğunluğundaki değişiklikler nedeniyle dünya genelinde trafik sıkışıklığı artmakta ve bu durum toplumların sosyal ve ekonomik refahını tehdit etmektedir. Trafik sıkışıklığı ulaştırma altyapısının kullanımını azaltır ve seyahat süresini, hava kirliliğini ve yakıt tüketimini artırır. Bu nedenle, ulaştırma sistemlerinin yönetimi ve kontrol edilmesi, insanlık için bir hayatta kalma ve refah meselesidir ve problemlerin çözümü her toplum için yüksek öncelikli bir görevdir.

Artan trafik kapasitesi talebini karşılamak amacı ile daha çok yol inşa edilmesinin, özellikle büyükşehir alanlarındaki yüksek maliyet ve / veya yeterli alan olmaması nedeniyle artık daha uygun bir çözüm olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca, ek yollar inşa etmek için geçen süre ve bu durumun trafik ağının geri kalanına getirdiği aksaklık yeni yollar inşa edilmesinin önündeki en önemli engellerdir. Mevcut karayolu taşıma sistemi neredeyse açık döngüye sahipken, bu yollarda bulunan trafik ışıkları gecikmeleri azaltmak ve trafik akışlarını hızlandırmak için gerekli veriden halen daha yoksundur. Elektronik, iletişim, kontrol sistemleri, bilgisayarlar ve sensörlerdeki son gelişmeler, yeni karayolu sistemleri inşa etmek yerine mevcut altyapıyı etkin bir şekilde kullanmak için uygun ulaşım yönetimi politikaları ve stratejileri geliştirme fırsatı sunmaktadır. Teknolojilerin kullanılması, doğru trafik verileri sağlamaya, kontrol eylemlerini uygulamaya yardımcı olacak ve genel olarak günümüzün ulaşım ağlarında mevcut olan belirsizlik seviyesini azaltacaktır. Akıllı ulaşım sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması, yerel ve küresel sistem düzeyinde trafik dinamiklerini ve buna bağlı olayların iyi bir şekilde anlaşılmasını gerektirecektir. Ek olarak, ulaştırma sistemi içindeki insan etkileşiminin anlaşılması da çok önemlidir (Abdel-rahim, 2012).

Ulaştırma sistemleri ve trafik olayları oldukça karmaşık dinamik problemler olup basitleştirilmiş matematiksel modeller bu problemlerin analizi için yeterli değildir. Ulaşım problemlerinde yer alan nedensellik, eşleşme, geri besleme döngüleri ve kaotik davranışları analiz etmek için daha gelişmiş yöntem ve modellere ihtiyaç vardır. Trafik modellemesi, günümüzün karmaşık ulaşım sistemlerinin etkili tasarımını ve kontrolünü kolaylaştırabilir. Matematiksel modeller trafik sistemlerinin yüksek karmaşıklığını ve dinamikliğini her zaman doğru bir şekilde yakalayamaz. Bu sebeple, bilgisayar simülasyon modelleri belirli bir trafik ağındaki trafik akışı özelliklerini tanımlamak için geliştirilmiş ve ayarlanmıştır. Bir bilgisayar simülasyon modeli gerçek veriler kullanılarak geliştirilip onaylandıktan sonra, gerçek

bir uygulama için teklif edilmeden önce farklı senaryolar ve yeni kontrol stratejileri geliştirilebilir, denenebilir ve değerlendirilebilir (Abdel-rahim, 2012).

Mikro ve makro seviyelerde trafik akış modellemesi, mevcut trafik simülasyon yazılımlarının incelemesinin yanı sıra çeşitli ulaştırma sistemi modlarını yönetmek ve kontrol etmek için çeşitli yöntemler, trafik akışı teorisi ve taşıma sistemlerinin modellenmesinde kullanılan mikro ve makro yöntemler, kütle korunum yasasına dayanan trafik akışı teorisi ile akış hızı ve yoğunluğu arasındaki ilişkiler, makro modeller, mikro modeller ve akıllı ulaşım sistemlerine ilişkin karmaşık trafik yazılımı modelleme araçları incelenilebilir (Güven, 2019).

6. Akıllı Ulaşım Sistemleri Tasarımında Optimizasyon

Sınırlı ekonomik ve fiziksel kaynaklarla hızlı bir şekilde büyüyen ulaşım altyapısı talebini karşılamak çoğu zaman mümkün değildir. Özellikle karayolu altyapısının genişlemesinin artan araç sayısına ayak uydurmadığı, dolayısıyla tıkanma ve gecikmelere neden olduğu bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, yeni yolların inşası için çaba göstermenin yanı sıra, yeni akıllı ulaşım yönetimi ve koordinasyon sistemlerinin geliştirilmesi de şarttır. Yeni bir tekniğin etkinliği, optimum kapasite kullanımıyla karşılaştırılarak değerlendirilebilir. Bu karşılaştırma önemli iyileştirmelerin mümkün olduğunu gösteriyorsa, akıllı bir trafik sistemi geliştirmenin ve yaygınlaştırmanın maliyetini kabul haklı çıkarılabilir. Ayrıca, bir optimizasyon modeli geliştirmek, kapasite planlamasında da yardımcı olabilir. Örneğin, belirli bir talep seviyesinde, eğer optimum çözüm önemli ölçüde kötüleşirse, bu hiçbir akıllı stratejinin bu talebi karşılayamayacağı ve altyapının genişletilmesinin tek alternatif olacağı anlamına gelir.

Günümüzde ulaşım problemleri kompleks ve dinamik problemler olup bütün sistemin matematiksel olarak modellenmesi mümkün değildir. Bu mümkün olsa bile bu zor problemlerin çözülmesi çoğu zaman mümkün değildir. Ancak akıllı ulaşım sistemlerinin tasarlanmasında bütün sistemin optimize edilmesi yerine, sistemin sadece gerekli parçaları için optimizasyon yapılırsa sistemin verimliliğinde ciddi iyileştirmeler yapılması mümkündür. Bu bölümde AUS tasarımında kullanılan optimizasyon modelleri ile ilgili örnekler verilecektir.

Gallo, D'Acerno ve Montella sinyal Ayarlarının Global Optimizasyonu (SAGO) sorusunu ele almış ve çözümü için meta-sezgisel bir algoritma önermişlerdir (Gallo, D'Acerno ve Montella, 2014). Bir kentsel ağı tüm veya bazı sinyalli kavşaklarının sinyal ayarlarını optimize etme problemi topoloji ve bağlantı boyutlarının sabit olduğu varsayılarak ele alınmıştır. SAGO problemi, bir trafik ağının tüm (veya bazı) sinyal parametrelerinin ortak bir şekilde optimize edilmesi (örneğin toplam seyahat süresi gibi) durumunda ortaya çıkar. Bu problem literatürde farklı yerlerde geniş çapta incelenmiş ve çoğunlukla iniş yöntemlerine (descent method) dayanan çeşitli algoritmalar önerilmiştir. Bu algoritmalar, gerçek ölçekli problemler için yüksek hesaplama süreleri gerektirir ve amaç fonksiyonu neredeyse hiç dışbükey olmadığından, genellikle yerel optimum sonuç verir. Yüksek hesaplama süreleri, her bir iterasyonda hedef fonksiyonunu belirlemek için trafik ataması yapma ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, bu problemi çözmek için Muhtemel İniş Yönü Algoritmasına (Feasible Descent Direction Algorithm) dayanan bir çoklu başlangıç yöntemi önerilmektedir. Algoritma, yerel olarak optimal bir çözüm arayabilir ve herhangi bir iterasyonda daha düşük hesaplama süresi gerektirir. Önerilen algoritma, literatürde önerilen farklı atama algoritmaları kullanılarak, farklı talep seviyeleri altında gerçek ölçekli bir ağda test edilmiştir. İlk sonuçlar, önerilen algoritmaların iyi performans gösterdiğini ve hesaplama sürelerinin gerçek ölçekli ağlar için de planlama amaçlarıyla uyumlu olduğunu göstermektedir.

Maia ve Couto yük ağı optimizasyon modelini geliştirmiştir (Maia ve Couto, 2014). Bu model, demiryolu ağlarının bölgesel ve ulusal düzeyde iyileştirilmesi için gerekli olan planlama ve politika kararları için bir destek aracı olarak geliştirilmiştir. Özellikle yük trafiği için tasarlanan, yüksek toplama seviyesine sahip makro ağları modellemek için tasarlanmış stratejik bir trafik atama modeline dayanmaktadır. Model karayolu ve demiryolu taşıma modlarını tasarlar ve iki farklı kargo tipini göz önünde bulundurur: genellikle konteynerlerde taşınan ve modlar arası aktarım terminallerde farklı modlar arasında kolayca değiştirilebilen çok modlu kargo; ve genel kargo (diğer kalan tüm kargoyu temsil eder). Optimizasyon süreci, makul bir hesaplama süresi içinde iyi çözümler sunan yerel arama sezgisel algoritmasına (local search heuristic) dayanmaktadır ve elde edilen çözümün kalitesi, genelleştirilmiş toplam maliyetlerin ve CO2 emisyonlarının miktarına bağlı olarak değerlendirilmektedir. Bu yük ağı optimizasyon modeli hem mevcut bağlantıların hem de yeni bağlantıların geliştirilmesine olanak sağlanmaktadır ve bu nedenle yenilikçidir.

Talebin düşük, değişken ve tahmin edilemez olması durumunda kaliteli bir toplu taşıma sisteminin kurulması oldukça pahalı olabilir. Talep Duyarlı Ulaştırma (TDU) sistemleri bu sorunları talebe göre değişebilecek rota sırası ve sıklığı ile çözmeye çalışmaktadır. Bu problemlerin tasarımı ve kullanımı çoklu kriterler içerir ve dolayısı ile geleneksel optimizasyon yöntemlerinin kullanımı mümkün değildir. Gomes, Sousa ve Galvão, TDU hizmetlerinin tasarlanmasına

ve işletilmesine yardımcı olmak, işletme maliyetlerini en aza indirmek ve hizmet kalitesini en üst düzeye çıkarmak için simülasyon ve optimizasyonu entegre eden yenilikçi bir Karar Destek Sistemi geliştirmişlerdir (Gomes, Sousa ve Galvão, 2014). Gerçek sorunlardan yola çıkılarak geliştirilen senaryolar ile önerilen yöntemin potansiyeli gösterilmiştir.

Frank-Wolfe algoritması, trafik atama problemini (TAP) çözmek için kullanılan en yaygın yöntemdir. Son on yılda, TAP'ın çözümü için yeni önerilerde bulunulmuştur. Bu algoritmaların, Frank-Wolfe algoritmasının elde ettiğinden çok daha iyi sonuçlar verdiği ve daha büyük ölçekli problemler için uygun olduğu gösterilmiştir. Trafik sayımlarına dayanan O / D matris ayarlama problemi, TAP'ın alt seviye olduğu iki seviyeli bir optimizasyon problemi olarak formüle edilebilir. TAP ve hesaplama maliyetinin yakınsaması kritik olabilir çünkü işlemin her aşamasında çözülecek TAP sayısı çok yüksektir. Reyes, Romero ve Benitez, O/D matris ayar probleminde yeni TAP yöntemlerinin sunduğu olanakları kullanmaktadır (Reyes, Romero ve Benitez, 2014). Önerilen yeni yöntemleri kullanarak orta ölçekli ağlarda sayısal örnekler sunulmuştur.

Sınırlı ekonomik ve fiziksel kaynaklarla, ulaşım altyapısını sürekli olarak genişletmek mümkün değildir. Bu, özellikle karayolu altyapısının genişlemesinin artan araç sayısına ayak uydurmadığı, dolayısıyla tıkanma ve gecikmelere neden olduğu trafik koordinasyon sistemleri için geçerlidir. Bu nedenle, yeni yolların inşası için çaba göstermenin yanı sıra, yeni akıllı ulaşım yönetimi ve koordinasyon sistemlerinin geliştirilmesi de şarttır. Yeni bir tekniğin etkinliği, optimum kapasite kullanımıyla karşılaştırılarak değerlendirilebilir. Bu karşılaştırma önemli iyileştirmelerin mümkün olduğunu gösteriyorsa, akıllı trafik sistemi geliştirmenin ve yaygınlaştırmanın maliyetini ortadan kaldırabilir. Ayrıca, bir optimizasyon modeli geliştirmek, kapasite planlamasında da yardımcı olabilir. Örneğin, belirli bir talep seviyesinde, eğer optimum çözüm önemli ölçüde kötüleşirse, bu hiçbir akıllı stratejinin bu talebi karşılayamayacağı ve altyapının genişletilmesinin tek alternatif olacağı anlamına gelir. Shah, Kumar, Bastani ve Yen, bu kavramları kesişen yol güzergâhlarında araçların planlanmasıyla ilgili bir örnek olay incelemesiyle göstermektedir (Shah ve diğ., 2011). Karma tam sayılı programlama modeli ve uzay-zaman ağı akış modeli olmak üzere iki optimizasyon modeli geliştirerek ve ikinci modelin esasen daha etkili olduğu gösterilmektedir. Dahası, problemin NP zor olduğunu göstererek problemi makul sürede çözmek için iki sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Daha sonra sezgisel çözümler uzay-zaman ağı modeli kullanılarak elde edilen optimum kapasite kullanımı ile karşılaştırılmış ve sonuç bölümünde yönetimsel çıkarımlar özetlenmiştir.

Dinamik sürüş paylaşımı sistemleri benzer güzergahları ve zaman çizelgeleri olan kişileri kısa sürede bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Bu sistemler, kişisel seyahat için kullanılan araç sayısını azaltarak ve mevcut koltuk kapasitesinin kullanımını artırarak önemli sosyal ve çevresel faydalar sağlayabilir. Sürücülerini gerçek zamanlı olarak eşleştiren etkili ve verimli optimizasyon teknolojisi, başarılı bir dinamik sürüş paylaşım sistemi için gerekli bileşenlerden biridir. Agatz, Erera, Savelsbergh ve Wang sürüş paylaşımını desteklemek için yapılan çalışmalarda karşılaşılan optimizasyon zorlukları incelenmiş ve konu ile ilgili yapılan akademik çalışmalar incelenmiştir (Agatz ve diğ., 2012).

Yeni dinamik sürüş paylaşım sistemleri önemli ölçüde sosyal ve çevresel faydalar sağlama potansiyeline sahiptir. Sürücülerini gerçek zamanlı olarak en iyi şekilde eşleştiren algoritmaların geliştirilmesi, sürüş paylaşımı konseptinin temelini oluşturur. Bu çalışma dinamik sürüş paylaşımını tanımladıktan sonra dinamik sürüş paylaşımını desteklemek için teknoloji geliştirirken ortaya çıkan ilginç optimizasyon zorluklarının birçoğu vurgulanmış ve bu alandaki ilgili yöneylem araştırması modelleri incelenmiştir. Dinamik sürüş paylaşımındaki optimizasyon konularını ele almak için araştırmacıların artan bir ilgisinin olduğu, ancak bugüne kadarki belirli katkıların sayısının hala düşük olduğu tespit edilmiştir.

7. Sonuç

Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ulaştırma konusunda en önemli sorunlardan biri olan trafik güvenliğine bir çözüm olarak gelişmiş ülkeler tarafından kullanılmaya başlanmış ve konu ile ilgili olarak bütün dünyada çok yoğun olarak çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Günümüzde AUS alanında A.B.D., Fransa, Britanya, Almanya, Güney Kore, Avustralya, Japonya, İsveç, Kanada, Hollanda ve Singapur gibi ülkelerin öncü olduğunu, Çin, Brezilya, Tayland ve Tayvan'da ise konu ile ilgili olarak önemli gelişmeler olduğu görülmektedir.

AUS araçlar arasında, araçlar ile ana kontrol merkezi arasında, araçlar ile altyapı arasında emniyet, güvenlik, durum vb. her türlü veriyi paylaşmak amacı ile kurulmuş entegre bir haberleşme sistemidir. AUS bir taraftan çevreye verilen zararları minimize etmeye çalışırken diğer taraftan da yolcuların, araç kullanıcılarının, işletmecilerin ve hükümetlerin

yarar fonksiyonlarını da maksimize etmeye çalışır. Dolayısı ile sistemin bütün paydaşlarının ortak olarak fayda sağladığı bir sistemin kurulması amaçlanır. AUS'un amaçları aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir:

- insan-araç-altyapı-merkez arasında çok yönlü veri alışverişi,
- trafiğin güvenliliği,
- yolların kapasitelerine uygun olarak kullanımı,
- mobilitenin artırılması,
- enerji verimliliği sağlanarak çevreye verilen zararın azaltılması

AUS uygulamaları disiplinler arası bir çalışma sonucunda geliştirilir. Ancak sistemlerin tasarlanması, işletilmesi ve geliştirilmesinde Endüstri Mühendisliği açısından önemli fırsatlar bulunmaktadır. Özellikle servislerin optimizasyonunda ve sistemlerin tasarım aşamasından başlanarak simüle edilmesi ve doğruluklarının kontrol edilmesinde önemli katkılar sunulabilir. Bu çalışmada AUS konusu Endüstri Mühendisliği bakış açısı ile değerlendirilmiş ve yapılan çalışmalar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar ile ilgili bilgi verilmiştir.

Bu çalışmada akıllı ulaşım sistemleri sistematik derleme metodolojisi kullanılarak endüstri mühendisliği açısından değerlendirilmiştir. Planlama aşamasında AUS ile ilgili olarak yapılan çalışmalar incelenerek endüstri mühendisliği açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmada ilk olarak akıllı ulaşım sistemleri konusunun seçilmesindeki motivasyon ve konunun Endüstri Mühendisliği açısından önemi açıklanmış ve araştırma için kullanılan metodoloji, araştırmanın amaçları ve araştırma soruları verilmiştir. Yapılan çalışmanın literatüre olan katkısı anlatılmıştır. Akıllı ulaşım sistemleri tasarımında modelleme ve simülasyon tekniklerinin kullanımı ile ilgili araştırma sonuçları verilmiş ve akıllı ulaşım sistemleri tasarımında optimizasyon yaklaşımı ile ilgili yapılan çalışmalar ile ilgili bilgi verilmiştir. Son olarak sonuç bölümünde yapılan çalışma özetlenmiştir.

Araştırmacıların Katkısı

Yazarlardan Ali Can Güven, kaynakların taranması, derlenmesi ve makalenin yazımı konusunda katkı sağlamış; yazarlardan Barış Keçeci, konunun bulunması, çalışmanın yönlendirilmesi ve makalenin yazılması konusunda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Abdel-rahim, A. (2012). *Intelligent Transportation Systems*, Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia: InTech. Erişim adresi: <https://www.intechopen.com/books/intelligent-transportation-systems>

Agatz, N., Erera, A., Savelsbergh, M. & Wang, X. (2012). Optimization for dynamic ride-sharing: A review. *European Journal of Operational Research*, 223, 295–303. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.05.028>

Baumeister, R. F., Ed. Prinstein, M. J. & Patterson, M. D. (2013). Writing a literature review. *In The portable mentor: Expert guide to a successful career in psychology*, New York: Springer Science+ Business Media, 119–132. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3994-3_8

Baumeister, R. F. & Leary, M. R. (1997). Writing narrative literature reviews. *Review of General Psychology*, 3, 311–320. doi: <https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.3.311>

Bem, D. J. (1995). Writing a review article for Psychological Bulletin. *Psychological Bulletin*, 118(2), 172–177. doi: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.118.2.172>

Butakov, V. & Ioannou, P. (2015). Driving Autopilot with Personalization Feature for Improved Safety and Comfort. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems Proceedings, ITSC*, 387–393. Erişim adresi: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1109/ITSC.2015.72>

- Carley, W. A. (1998). Railroads test satellite positioning in effort to improve safety, efficiency. *The Wall Street Journal Interactive Edition*, 29. Erişim adresi: <https://www.wsj.com/articles/SB899070642430704500>
- Cobo, M. J., Chiclana, F., Collop, A., Ona, J. De & Herrera-Viedma, E. (2014). A bibliometric analysis of the intelligent transportation systems research based on science mapping. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 15(2), 901–908.
Erişim adresi:
https://www.academia.edu/11344025/A_bibliometric_analysis_of_the_intelligent_transportation_systems_research_based_on_science_mapping
- Cooper, H. M. (2003). Psychological Bulletin: Editorial. *Psychological Bulletin*, 129(1), 3-9.
doi: <https://doi.org/10.1037/0033-2909.129.1.3>
- Diakaki, C., Papageorgiou, M., Dinopoulou, V., Papamichail, I. & Malandraki, G. (2015). State-of-the-art and -practice review of public transport priority strategies. *IET Intel. Transport Syst.*, 9(4), 391–406.
Erişim adresi:
https://www.researchgate.net/publication/270578176_State-of-the-art_and_-_practice_review_of_public_transport_priority_strategies
- Feteiha, M. F. & Hassanein, H. S. (2015). Enabling cooperative relaying vanet clouds over LTE-A networks. *IEEE Trans. Veh. Technol.*, 64(4), 1468–1479.
Erişim adresi:
https://www.researchgate.net/publication/275102558_Enabling_cooperative_relaying_VANET_clouds_over_LTE-A_networks
- Gallo, M., D’Acerno, L. & Montella, B. (2014). Global Optimisation of Signal Settings: Meta-Heuristic Algorithms for Solving Real-Scale Problems. In *Computer-based Modelling and Optimization in Transportation*, 177-193.
doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-04630-3_14
- Gomes, R., Sousa, J. P. & Galvão, T. (2014). An Integrated Approach for the Design of Demand Responsive Transportation Services. In *Computer-based Modelling and Optimization in Transportation*, 223-235.
doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-04630-3_17
- Güven, A. C. (2019). *Akıllı ulaşım sistemleri üzerine bir sistematik literatür taraması* (Yüksek Lisans Tezi). Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, YÖK tez veri tabanından erişildi. Tez No. 594642
- Maia, L. C. & Couto, A. F. (2014). A Rail Network Optimization Model Designed for Freight Traffic. In *Computer-based Modelling and Optimization in Transportation*, 209-222. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-04630-3_16
- Maimaris, A. & Papageorgiou, G. (2017). A Review of Intelligent Transportation Systems from a Communications Technology Perspective. *IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 19, At Rio de Janeiro, Brazil.
Erişim adresi:
https://www.researchgate.net/publication/310624707_A_Review_of_Intelligent_Transportation_Systems_from_a_Communications_Technology_Perspective
- Reyes, A., Romero, L. M. & Benitez, F. G. (2014). Bilevel O/D Matrix Adjustment Formulation Using High Convergence Assignment Methods. In *Computer-based Modelling and Optimization in Transportation*, 251-261. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-04630-3_19
- Shah, N., Kumar, S., Bastani, F. & Yen I. L. (2011). Optimization models for assessing the peak capacity utilization of intelligent transportation systems. *European Journal of Operational Research*, 216, 239–25.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.07.032>
- Siddaway, A. (2014). What is a systematic literature review and how do I do one. University of Stirling, I:1.

Erişim adresi:

<https://www.stir.ac.uk/media/schools/management/documents/centregradresearch/How%20to%20do%20a%20systematic%20literature%20review%20and%20meta-analysis.pdf>

Yang, Y. & Bagrodia, R. (2009). Evaluation of VANET based advanced intelligent transportation systems. *Vehicular InterNetworking VANET*, Sixth ACM international workshop, 3-12.
doi: <https://doi.org/10.1145/1614269.1614273>



Journal of Turkish Operations Management

Application of statistical process optimization tools in inventory management of goods quality: Suppliers evaluation in healthcare facility

Mostafa EİSSA^{a*}, Engy RASHED^b

^aFaculty of Pharmacy, Cairo University, Cairo, Egypt

e-mail: mostafaessameissa@yahoo.com, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-3562-5935>

^bNational Centre for Radiation Research and Technology, Cairo, Egypt

e-mail: engyrefaat@yahoo.com, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-6593-378X>

*Corresponding author

Article Info

Article History:

Received: 20.03.2020

Revised: 10.05.2020

Accepted: 30.06.2020

Keywords:

Statistical process control,
Inventory,
Healthcare,
Control charts,
CSV dataset

Abstract

Inventory management and control represent a crucial activity required in any successful organization for the modern industry generally and the healthcare field specifically. Rigorous monitoring of the goods inspection properties is important for the delivery of products with appropriate quality that meets customer needs. In the present study, random records have been selected that cover a year simulation period of monitoring for container deliveries to a warehouse that were used as primary packaging materials for topical healthcare products from three different manufacturers. Statistical Process Control (SPC) methodologies and analyses such as box plots, histograms, Pareto diagrams, process-behavior charts and Gaussian Mixture Model (GMM) were applied for processed and stratified data to evaluate a single product property. Integration between the material stock database and statistical processing platform was established through excel dataset and/or Comma-Separated Values (CSV) files where the results of the monitored inspection characteristic were reported for each freightage. The analysis showed that the most dominant supplier dispatched products with specifications that have become very close to the target value, despite initial unstable variations in the inspection characteristic. The less common manufacturer showed product quality values that are shifted slightly above the previous one with a lower rate of out-of-control alarms. The least contacted vendor demonstrated the highest precision (which might be partially accounted to a very few numbers of the received batches of the packaging product) with the lowest accurate values that were very close to the upper specification limit. The study was useful in manufacturers' quality assessment and follow-ups.

1. Introduction

Adequate management and control of inventory is a critical practice in any organization to ensure an appropriate supply of the essential goods in a timely manner without shortage or overstocking (Rachmania and Basri, 2013). Moreover, the status of goods delivery should be achieved by meeting the required specifications without unacceptable defects (National Research Council, 2000). In business terms, the on-time distribution of high-quality shipments would ensure customer satisfaction, which would be reflected in the company image and profitability in the competitive market world. Hence, special statistical methodologies are useful in such circumstances for the monitoring, control and investigation of the quality of the goods, in addition to the support for the identification of the possible roots of the departure from the target value of inspection characteristic for the product.

One of the widely used and applied modern methods started early in the twentieth-century and known as Statistical Process Control (SPC). SPC techniques have been used for decades in the modern industry in the monitoring, control and improvements in various processing steps (Eissa and Abid, 2018; Oliveira et al., 2019). Various tools adopted in SPC were aimed to ensure consistent, reproducible and stringent product quality with minimal defects or wastes (Montgomery, 2013; Carey et al., 2018), in addition to the opportunity of enhancement through learning from the processes investigations of the examined inspection characteristics. The application of SPC tools in inventory management and control would be a useful means for quality improvement and resources management for both intermediate and final product components materials.

The application SPC - including process behavior charts - has been demonstrated before in other studies. Some researchers applied it to reduce the bullwhip effect (Iyer and Prasad, 2007). Others have used it to monitor inventories accuracies (Huschka, 2009). Lightfoot and Kauffman (2003) have shown the applicability of the use of control charts to evaluate and control the performance of the inventory. Simulation and evaluation study for inventory management through SPC was also demonstrated by other investigators (Pfohl et al., 1999). The usefulness of SPC methodologies has been extended to enhance the supply chain dynamicity through inventory control policy that is centered on SPC to minimize bullwhipe effect and inventory instability (Costantino et al., 2015). Meanwhile, an SPC-based study that controls goods quality of the materials delivered to warehouses would be useful in risk mitigation of the non-conforming products and investigational analysis to identify the sources of deviations and possible excursions.

The present study aimed to investigate product quality from different suppliers through the adoption of SPC methodologies using commercial statistical software packages in the supply chain planning. The studied case would provide a detailed systematic mean of the analysis to revise, correct and improve product quality through monitoring of one of the inspection properties from different vendors. The current case model was sifted stepwise by the application of SPC analysis to control the product inspection property quality through statistical segregation and grouping which would identify the main contributors for the deviation from the target value with a possible risk of the excursion. The terms "delivery" and "shipping" will be applied herein synonymously because the current case applied for it and almost abolished the differences such as sending and reception dates were the same due to closeness of the geographical regions.

The work will focus on the chronologically arranged database of one year of the warehouse stock record from the inventory management platform system. The result of the inspection characteristic (herein thickness in μm) for each batch could be traced to a defined supplier (identified by a specific code) as a source for the income good. Preliminary evaluation using a control chart supported by a histogram would provide a useful mean for the screening of data patterns to identify unusual distribution and trends. The initial identification of the main supplier and the major product-per-vendor using the Pareto plot is useful for spotting the critical focus groups that impart their impact on the overall quality of the incoming goods. If data distribution from the preliminary study showed a pattern of mixed Bell-distribution then the Gaussian distribution resolution study was used to define the long-run pattern of the inspection property. Accordingly, two-dimensional analysis for the possible deviations could be adopted: Firstly, the isolated Gaussian distributions. Secondly, data stratification based on the manufacturer. The 2-D study could be initiated using descriptive statistics and a Box plot diagram. Individual study for each segregated dataset was then studied using process-behavior or trending charts supplemented with the Pareto plot to identify the major influential factor in each data cluster. The final outcome from this study would be spotting the major complying and stable product, in addition to the vendor goods quality. This would help in resources management to focus on high-risk goods and suppliers to set Corrective and Preventive Actions (CAPA) before any excursions or out-of-specification (OOSs) occur due to defective products from a non-competent manufacturer.

2. Material and Method

A random one-year dataset pattern was selected for inventory goods that simulate shipments deliveries to the warehouses in a healthcare facility (Bartholdi and Hackman, 2014; Bienert, 2018). Systems, products and applications in records handling were all integrated so that interconnected information pieces are all gathered in a single spreadsheet. In the present case, vendors, suppliers and manufacturers were used synonymously as the sources organizations of the products served for these functions simultaneously. In addition, the manufacturers of packaging products used the terms "batch" and "lot" synonymously.

2.1. Vendor And Product System

Three suppliers were available for supplying containers for semisolid skincare products and denoted by ewH, ube and upl. Seven products that would be packaged in these packaging materials (PM) were given codes FLHI, FTCC, FTOC, FTOO, TOFO, TZOC and ZTHI. For the purpose of traceability for PM to the vendor, the tracking codes could be assigned as Material/Supplier (M/S) designation codes, for example, material TZOC that would be filled in PM from the manufacturer ewH would be named TZOCewH. Each vendor should be able to deliver primary PMs with common, consistent and reproducible quality criteria that cover all types of topical healthcare products.

2.2. Quality Inspection Characteristic

An important quality aspect that had been inspected was PM thickness (in μm). The container should be strong enough to hold the product sufficiently protected against any leakage during exposure to different types of mechanical pressure or force (Center for Biologics Evaluation and Research, 2003). Nevertheless, it should be adequately flexible to the normal squeezing action applied to deliver the product during the use and application to the skin. The acceptance range was established between 130 to 170 μm . For all mentioned suppliers and products, the same quality inspection criterion of the container was applied. The monitoring period involved six months in duration.

2.3. Dataset Management System

Deliveries from different suppliers were registered and recorded using an electronic inventory management system with the supplier code, product code, date and time (Deelman et al., 2005; Cato and Mobley, 2002). The quality inspection results of the sampled materials arrived at the warehouse were also incorporated into the inventory management system database (Muller, 2019). The database was created and the record arranged chronologically with the inspection results recorded for each lot. Then, data processing using statistical process control (SPC) software to plot the control or process-behavior (trending) charts, Pareto diagram and histograms (Eissa, 2019a; Eissa, 2019b). On the same line, other programs generate descriptive statistical analysis reports and Gaussian Mixture Model (GMM) probability data based on suspect mixed distributions that could be expected from both trending chart and histogram visual pattern (Thompson, 2011; Moraru et al., 2019). The established pivotal connection for network platform between the warehouse and data-processing programs is through Comma-Separated Values (CSV) or Excel file data system through which data segregation and stratification were done, in addition to a built-in GMM creation program. This concept could be exemplified simply in Figure 1.

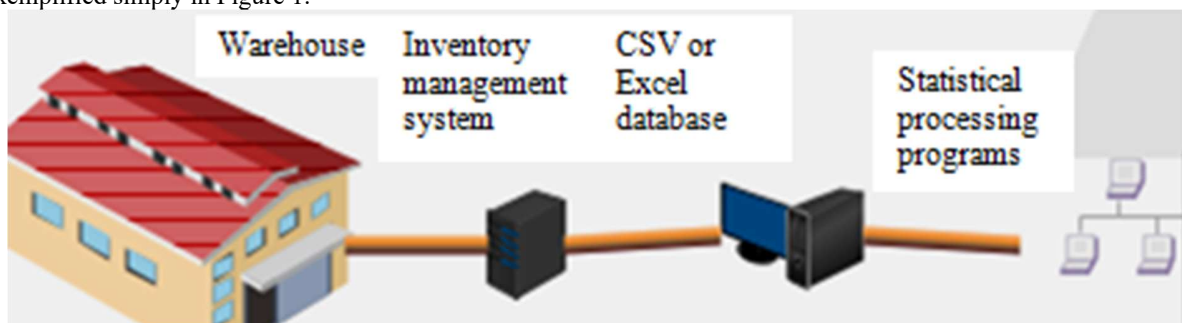


Figure 1. Simplified diagram showing major steps of quality inspection of delivered goods to a warehouse

2.4. Statistical Techniques Used In The Analysis Of The Database Through SPC Software

GMM was conducted using built-in XLSTAT v2014 and the column statistics was generated through GraphPad Prism version 6.01 for Windows. While, process-behavior charts, histogram, Pareto diagram, box and whisker diagram were created using Minitab version 17.1.0. Detailed referenced processing equations and calculations are available with each software manual.

2.4.1. GMM As A Tool For Segregation Of Random Data

In statistics, a mixture model is a probabilistic version for representing the presence of subpopulations inside an overall populace, without requiring that an observed information set must discover the sub-population to which a person

observation belongs. Formally, an aggregate version corresponds to the aggregate distribution that represents the chance distribution of observations inside the overall population (Celeux and Govaert, 1992; Reynolds and Rose, 1995; McLachlan and Peel, 2006). This analysis technique was used to spot a clustering pattern of the random data of the monitored inspection characteristic and assess the degree of the consistency of the thickness of the containers.

2.4.2. Histogram: An Initial Step In Data View

The histogram is one in every of the most regularly used display tools because it gives a completely quick concept of the distribution of a pattern of continuous or discrete data. Intervals definition: One of the challenges in creating histograms is defining the durations, as for a decided set of records, the shape of the histogram relies upon solely at the definition of the classes. Between the 2 extremes of the single class comprising all the information and giving a single bar and the histogram with one figure per a single class, there are as many feasible histograms as there are records partitions. To acquire a visually and operationally satisfying result, defining classes may require numerous attempts. The common traditional technique is composed of the use of classes defined via periods of the equal width, the lower certain of the first interval being decided by using the minimum value or a number slightly much less than the minimum figure (Chambers et al, 1983; Jacoby, 1997; Wilkinson, 1999). Through histogram shape, data pattern would reveal the possible presence of mixed distribution due to a mixed operations or interfering heterogeneous properties.

2.4.3. Box Plot (Boxplot Or Box-And-Whisker Diagram): Data Spreading Comparison, Visualization And Outlier Detection

Box-and-Whisker plot or boxplot is a way for graphically presenting a dataset of via their quartiles. Boxplots may also show lines projecting from the boxes (whiskers) indicating variability beyond the higher and lower quartiles, for this reason, the terms box-and-whisker plot and box-and-whisker diagram. Outliers can be plotted as individual points. Box plots are non-parametric: they display variant in samples of a statistical populace without making any assumptions of the underlying statistical distribution. The spacing among the unique elements of the box suggests the magnitude of dispersion (spread) and skewness in the records, and display outliers (Tomassone et al., 1993; Sokal and Rohlf, 1995). Visualized data in Box plot could be detailed numerically using column statistics in tables. Box plot finds its place in 2-D data analysis to visualize and compare the fluctuation of the inspection property value through both the manufacturers and GMM routes.

2.4.4. Pareto Diagram And The Identification Of The Major Contributor(S) In A Single Step Of The Analysis

A Pareto chart draws its call from an Italian economist, however J. M. Juran is credited with being the first to apply it to commercial problems. The causes that should be investigated (e. G., nonconforming items) are indexed and possibilities assigned to everyone so that the whole is 100 %. The percentages are then used to construct the diagram that is essentially a bar or pie chart. The Pareto analysis uses the ranking reasons to decide which of them ought to be pursued first (Juran, 1960; Pyzdek, 2009; Ryan, 2000). Accordingly, Pareto analysis would be useful to focus on the major products/vendors that could impact the monitored quality characteristic.

2.4.5. Control (Shewhart, Process-Behavior Or Trending) Chart: Quantitative Evaluation Of The Quality Characteristic In A Time-Order Manner

Attributes control charts are comparable in components to variables trending charts, besides that they plot statistics from count data as opposed to measurement data. For instance, products can be compared with a reference control values or limits and categorized as both being faulty or not. Products will also be categorized by counting the number of defects. As with variables Shewhart charts, a process statistic, including the number of defects, is plotted as vs. to a specimen quantity or time. SPC software draws a middle line at the common of the statistic being plotted in the interim charted. Computer programs can also draw two different lines - the higher and lower threshold limits - 3 standard deviations above and underneath the middle line, as default. Since the limits, tolerance and measurements provided herein in this study are integers only, the attribute charts were applied with Laney modification to adjust for data dispersion. The computation for the Laney U' chart includes Sigma (σ) Z, which is correction for overdispersion or

underdispersion. A σZ figure of one is indicative that no alteration is required and that the Laney U' chart is exactly the same as a conventional U chart (Jones and Govindaraju, 2001; Montgomery, 2013; Laney, 2002; Ryan, 2013).

3. Results

The implementation of SPC application was extended beyond the control and the monitoring of the inspection characteristic quality to a systematic investigation for improving incoming goods property (thickness) and minimization of the deviation risk from the target value to avoid future excursions.

3.1. Preliminary Assessment Of The Overall Trend For The Inspection Property

All results of the monitored property had met the acceptance criterion range of $150 \pm 20 \mu\text{m}$ for the primary packaging material thickness. Overall chronological charting of the inspection characteristic for all delivered shipments yielded trending behavior as could be seen in Figure 2. A green line indicates the mean value, while the upper control limit (UCL) and lower control limit (LCL) were shown as red lines above and below the average trend line. Two distinct patterns were observed: initial fluctuating with out-of-control points (lots) which ceased gradually towards a more stable variation despite few intermittent aberrant values. Number "1" alarm is interpreted as: One point more than 3.00 standard deviations from center line. Test for out-of-control values has failed at points: 2 (TZOCupl), 8 (FLHIewH), 14 (FTCCewH), 22 (ZTHIupl), 23, 24, 25 and 107 (FLHIewH), 40, 41 and 44 (FLHIube), 54 (TZOCube), 81 (ZTHIube). Histogram of total shipments - with interval definition of 12 - suggested mixed distribution as it would be observed from Figure 2. Thus, overlapping datasets segregation might be required to be analyzed.

3.2. Investigation Of The Major Contributors Using Pareto Analysis

An investigational study using Pareto analysis showed that data could be stratified through more than one perspective as could be seen in Figure 3. Most shipments (>70%) came from one supplier viz ube and FLHI accounted for approximately 60% of total products from the three vendors. The least deliveries came from ewH (only six). The descending order of the deliveries rates for the remaining products FTCC, TOFO, ZTHI, FTOO and TZOC were about 14, 9, 7, 6, 5 and 2%, respectively. Manufacturer "ube" was the major source of FLHI, FTCC, TOFO, ZTHI and FTCC types of containers, respectively.

3.3. Dataset Stratification Approaches

Elucidation of the source of the abnormal variation due to assignable causes was conducted through two perspectives: GMM and vendor approach.

3.3.1. GMM analysis using built-in XLSTAT v2014

The first logical approach was to separate database based on data tendency for clustering after reporting a pattern in Figure 2. According to the Bayesian Information Criterion (BIC), the best mixture model is the Data dimension with two component(s). The Expectation–Maximization (EM) algorithm converged in 31 iterations. The optimal number of classes occurs at the min choice. The algorithm should be run with a minimal number of classes fewer than two. Since the calculated Normalized Entropy Criterion (NEC) is lower than one, there is a clustering structure in the data. Appropriate GMM pattern was found to be a mixture of two interfering bell-shaped distributions for the inspection characteristic as could be visualized in Figure 4 with proportions of class I/II were 0.3709/0.6291. A sharp narrow peak (denoted by 2 or II) that is close to the target value (a desirable outcome) but slightly shifted to a slightly higher value and shallow highly dispersed bell-shaped distribution with strongly shifted mean upward (undesirable pattern). Quantile-Quantile (Q-Q) and Cumulative Distribution Function (CDF) plots provided a visual interpretation of the degree of closeness of the practical distribution with the theoretical assumed one. Based on Table 1, the thickness window range for distribution II resided between 150 and 151 μm , in contrast to the first were the quarterly separated ranges magnitudes were 10, 3.5, 2.5 and 7 μm . Hence, the standard deviations and errors for the first distribution was about ten times that of the second one. It should be noted that the mean of wider distribution is shifted above the target value. On the other hand the narrower distribution was almost centered on the required optimum value. This would lead to an in-between values for that for the overall analysis. Box plot in Figure 5 demonstrates the pattern of data spreading visually for both assumed distribution in comparison with the overall dataset showing the compactness of the second distribution, in contrast to the first one with notable outlier values in the lower side. Thus, the net dispersion is a

combination of both I and II spreading. Accordingly, no aberrant records could be demonstrated in the distribution 2 and also hidden in the overall pattern but distribution 1 showed excursions, with a rate of ~10% using ROUT analysis (Q=10.00%) as could be concluded from Table 1. Distribution II includes 46 batches embraced four containers types - viz FTOC, FLHI, TOFO and FTCC - from a sole manufacturer ube. While the first distribution (with atotal of 62 readings) composed of the whole range of containers type from the three vendors.

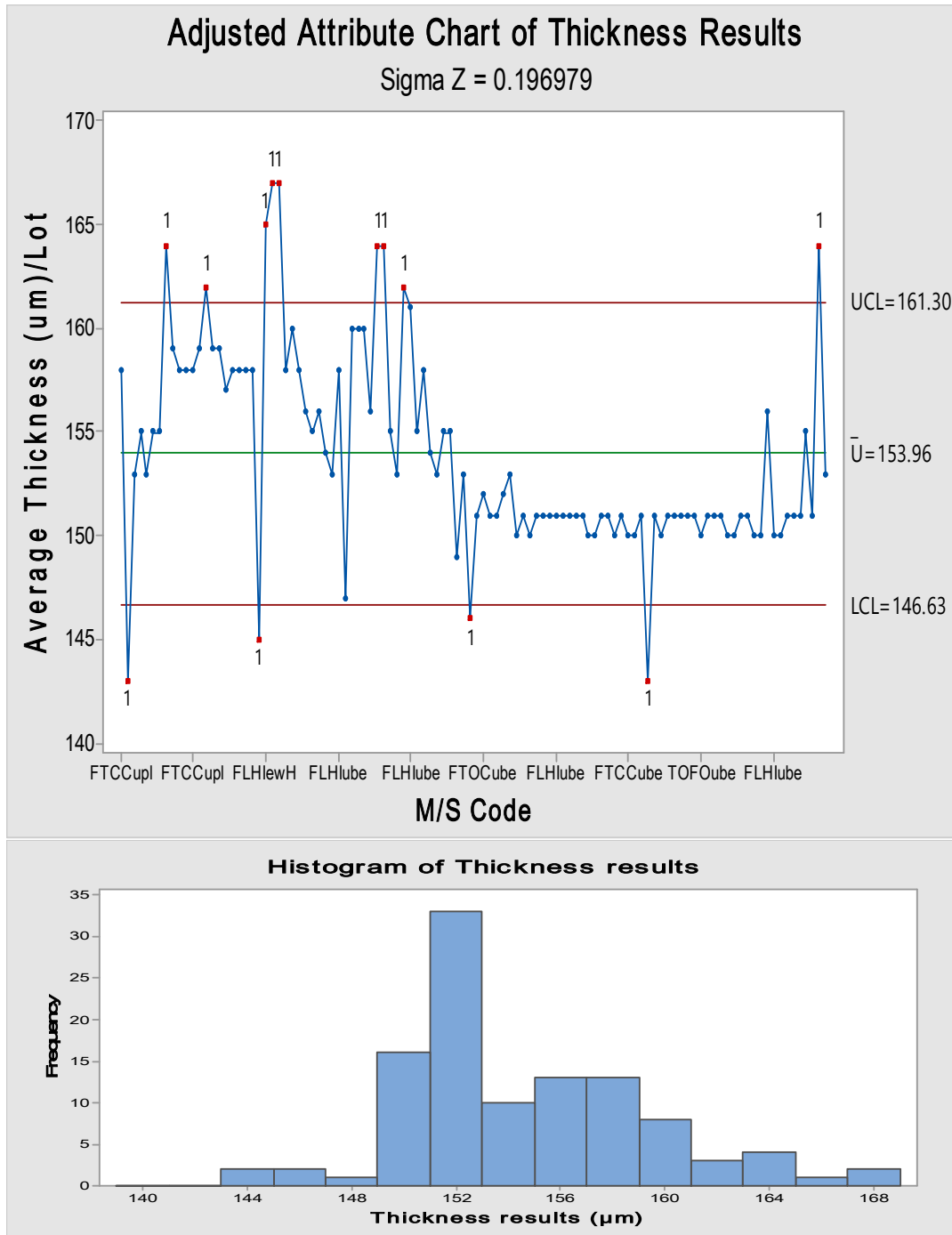


Figure 2. Trending chart associated with histogram for inspection characteristic

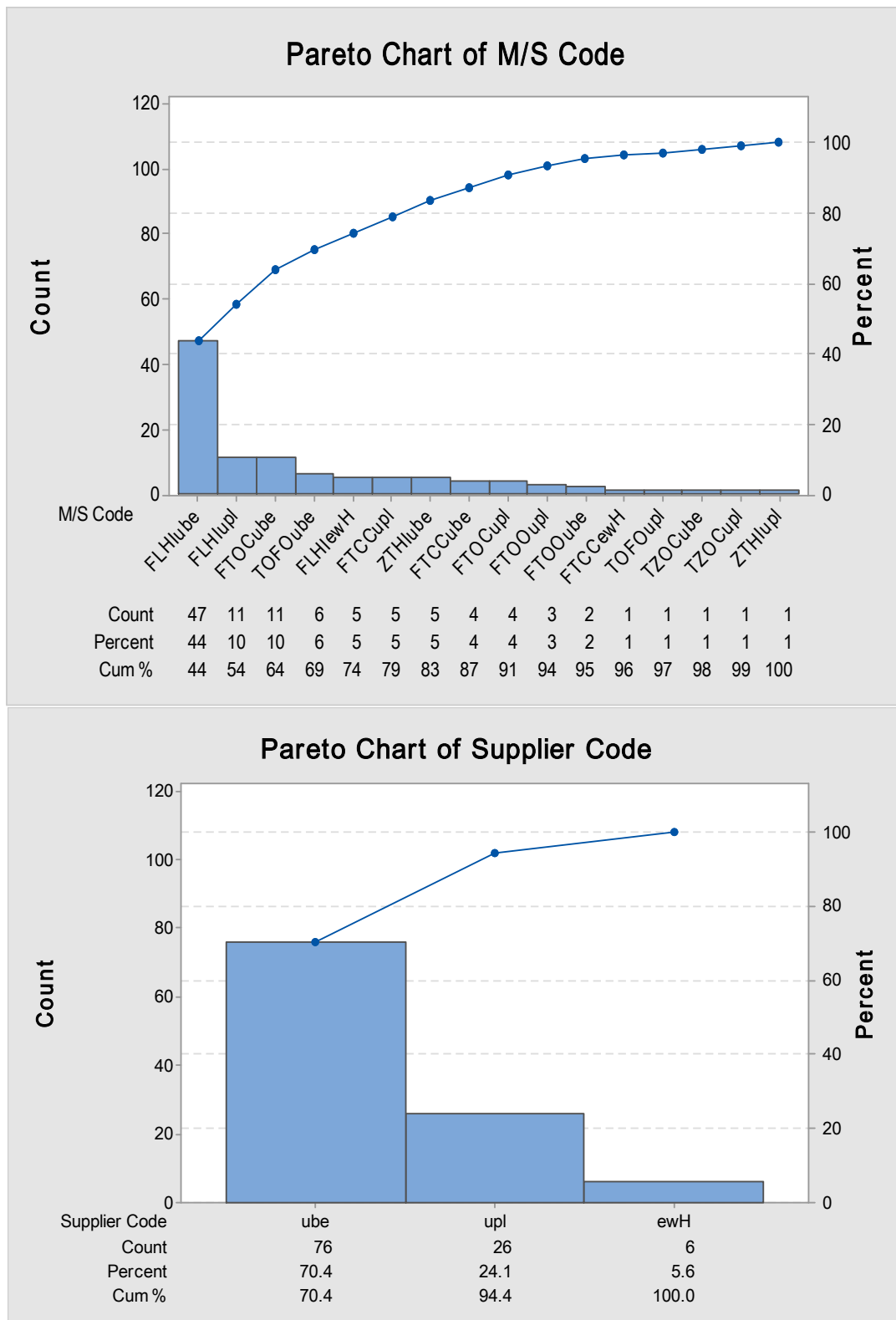


Figure 3. Two-dimensional Pareto diagram of supplier and material/supplier frequencies

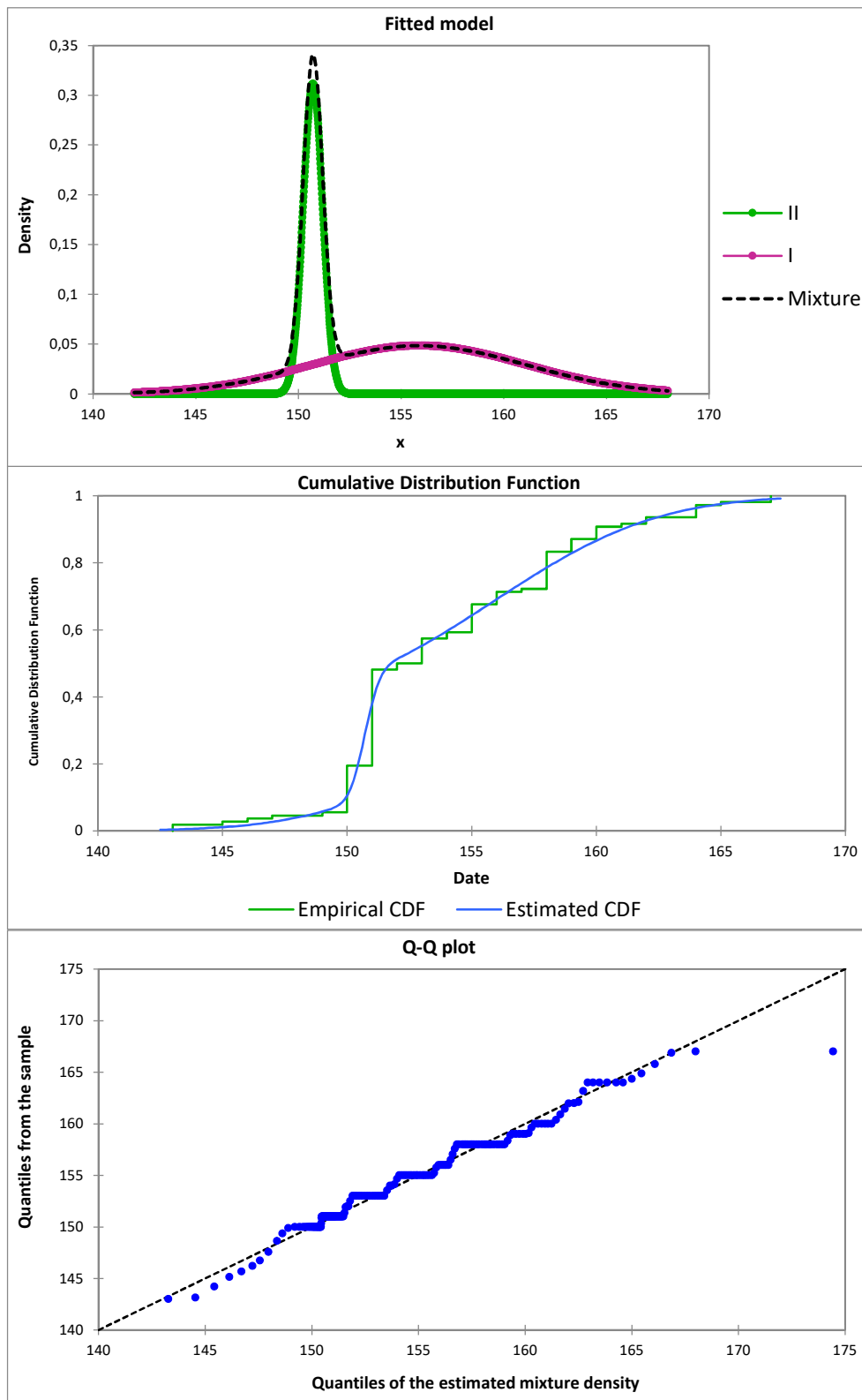


Figure 4. Gaussian Mixture Model (GMM) of packaging material average thickness distribution per incoming batch

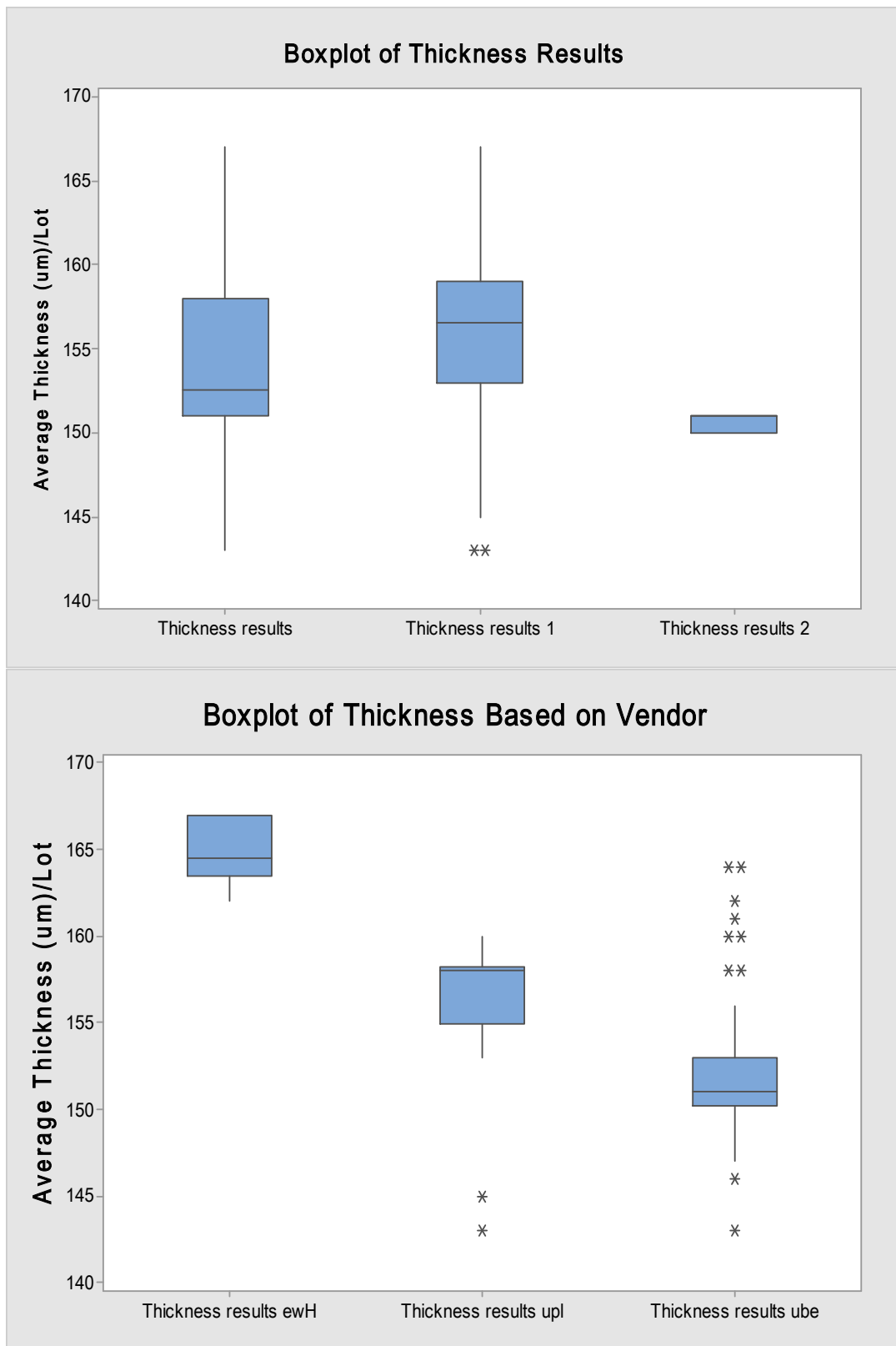


Figure 5. Box plot diagram for GMM-separated and manufacturer-stratified data (asterisks "*" outlier points)

Table 1. Descriptive statistics for overall and GMM-segregated record

Column Statistics	Thickness Results 2	Thickness Results 1	Overall Thickness Results
Number of values	46	62	108
Minimum	150.0	143.0	143.0
25% Percentile	150.0	153.0	151.0
Median	151.0	156.5	152.5
75% Percentile	151.0	159.0	158.0
Maximum	151.0	167.0	167.0
Mean	150.7	156.4	154.0
Std. Deviation	0.4740	5.161	4.835
Std. Error of Mean	0.06988	0.6555	0.4653
Lower 99% CI of mean	150.5	154.7	152.7
Upper 99% CI of mean	150.9	158.1	155.2
Normality test			
Passed normality test ($\alpha=0.01$)	No	Yes	Yes
P value summary	****	ns	*
ROUT (Q = 10.00%)			
Outliers	0	6	0

3.3.2. Data segregation based on the source manufacturer

The second logical approach in data segregation should be based on the supplying source manufacturer. The numerical analysis showing the trend of each supplier was done as column statistics in Table 2. While no outlier values could be detected from the few (six) batches from ewH manufacturer, aberrant records were detected in both upl (26 batches) and ube (76 batches) at rates 8% and 16% approximately, respectively. The range of the inspection characteristic variation for ewH, upl and ube was 5 μm , 17 μm and 21 μm , respectively. The ascending deviation from the goal value of 150 μm expressed as a mean \pm Standard Error of the Mean (SEM) was approximately 152 \pm 0.42 μm (ube), 156 \pm 0.80 μm (upl) and 165 \pm 0.79 μm . The Confidence Interval (CI) window at 95% - as calculated using statistical software - of both (mean and median) for ube, upl and ewH was (1.6/0.0), (3.3/2.0) and (4.1/5.0), respectively. These results were reinforced by the visual observation of the behavior of each vendor in the Box-and-Whisker diagram of Figure 5 showing the descending pattern (from left to right in graph) toward the target value accompanied by increasing number of the outlier values. The inspection characteristic of the least frequent ewH manufacturer was homogenous but the results were the farthest from the target value of 150 μm . In contrast, ube deliveries were the closest to the specification mean value, yet it had suffered from many aberrant records. Meanwhile, upl results were in between both suppliers.

3.4. Process-Behavior Charts And Pareto Diagrams For Clustered Data

Combination of chronologically arranged control charts and Pareto diagrams were used to investigate each one of the segregated data based on the above-mentioned perspective views.

3.4.1. GMM-based process behavior charts and Pareto plot

PM containers for FLHI products were almost equally distributed between the two phases of distribution - viz. 1 and 2 patterns - with contribution factor approaching 0.6 as could be evident in Figures 6 and 7. Figure 6 individual batches that exceeded the control limits at chronological points 2 (TZOCupl), 22 (ZTHIupl) and 58 (ZTHIube). This is in contrast of Figure 7 where no excursion of out-of-control lots was observed with steady behavior and narrow results

range. However, distribution II - which showed relatively stable variations in the inspection characteristic - stemmed only from one supplier viz ube. While the mostly initial unstable section involved the three vendors showing a wider limit window and included out-of-control points (marked by red dots) - that exceeded 3σ (Sigma) - from ZTHIupl/ube and TZOCupl. Other less common products contributions in distributions [I and II] included FTCC [13% (upl and ewH), 9% (ube)], FTOC [12% (upl and ube), 20% (ube)] and TOFO [2% (upl), 13% (ube)]. The PMs of the remaining products (~13%) were found only in distribution I.

3.4.2. Supplier-based process-behavior charts and Pareto plot

Segregation by the suppliers is shown in Figures 8 and 9. Trending charts demonstrates the tendency of shipments coming from ewH to shift to higher values above the target value with a possible risk to exceed the higher acceptance threshold. This minor manufacturer delivered five sixth of deliveries as FLHI. The next manufacturer with higher rates of supply was upl with a closer trend to the target specification value. However, two batches for TZOC (point 2) and ZTHI (point 20) were abnormally low results which could be observed below the target and exceed LCL value despite being within the specification limit. More than 60% of the deliveries from this vendor were PMs for FLHI and FTCC. The latest supplier with the most frequent shipments and the closest trend toward the target value was ube. Excursion values on the lower side of the control chart were found to be linked with the same products as was observed previously. However, the predominant product i.e. FLHI - with more than 60% contribution from the overall materials delivered from this manufacturer - demonstrated intermittent excursions in the initial section of the process-behavior chart at the direction above the UCL with alarming points "1" that exceeded 3 standard deviation at chronologically arranged lots 6, 7, 9, 10, 13 and 14 (FLHIupe), 23 (TZOCube) and 50 (ZTHIupe). Number of batches of ewH vendor are few to confirm it consistency and hence stability without out-of-control points.

Table 2. Descriptive statistics for supplier-segregated record

Column Statistics	Thickness Results ewH	Thickness Results ube	Thickness Results upl
Number of values	6	76	26
Minimum	162.0	143.0	143.0
25% Percentile	163.5	150.3	155.0
Median	164.5	151.0	158.0
75% Percentile	167.0	153.0	158.3
Maximum	167.0	164.0	160.0
Mean	164.8	152.3	156.3
Std. Deviation	1.941	3.659	4.087
Std. Error of Mean	0.7923	0.4197	0.8015
Lower 99% CI of mean	161.6	151.2	154.1
Upper 99% CI of mean	168.0	153.4	158.5
Normality test			
Passed normality test ($\alpha=0.01$)	Yes	No	No
P value summary	ns	****	****
ROUT (Q = 10.00%)			
Outliers	0	12	2

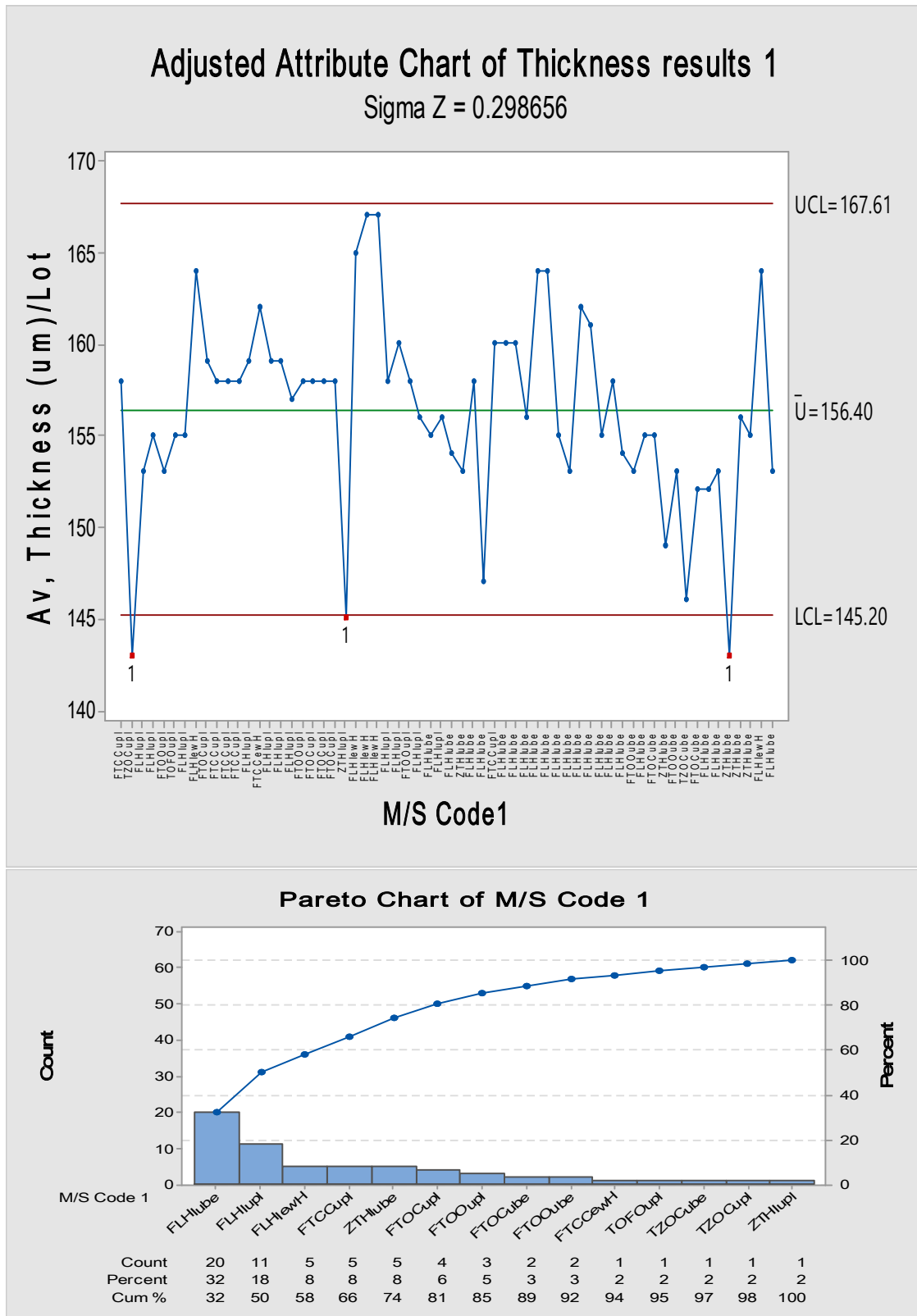


Figure 6. Process-behavior chart and Pareto diagram for distribution I based on GMM stratification

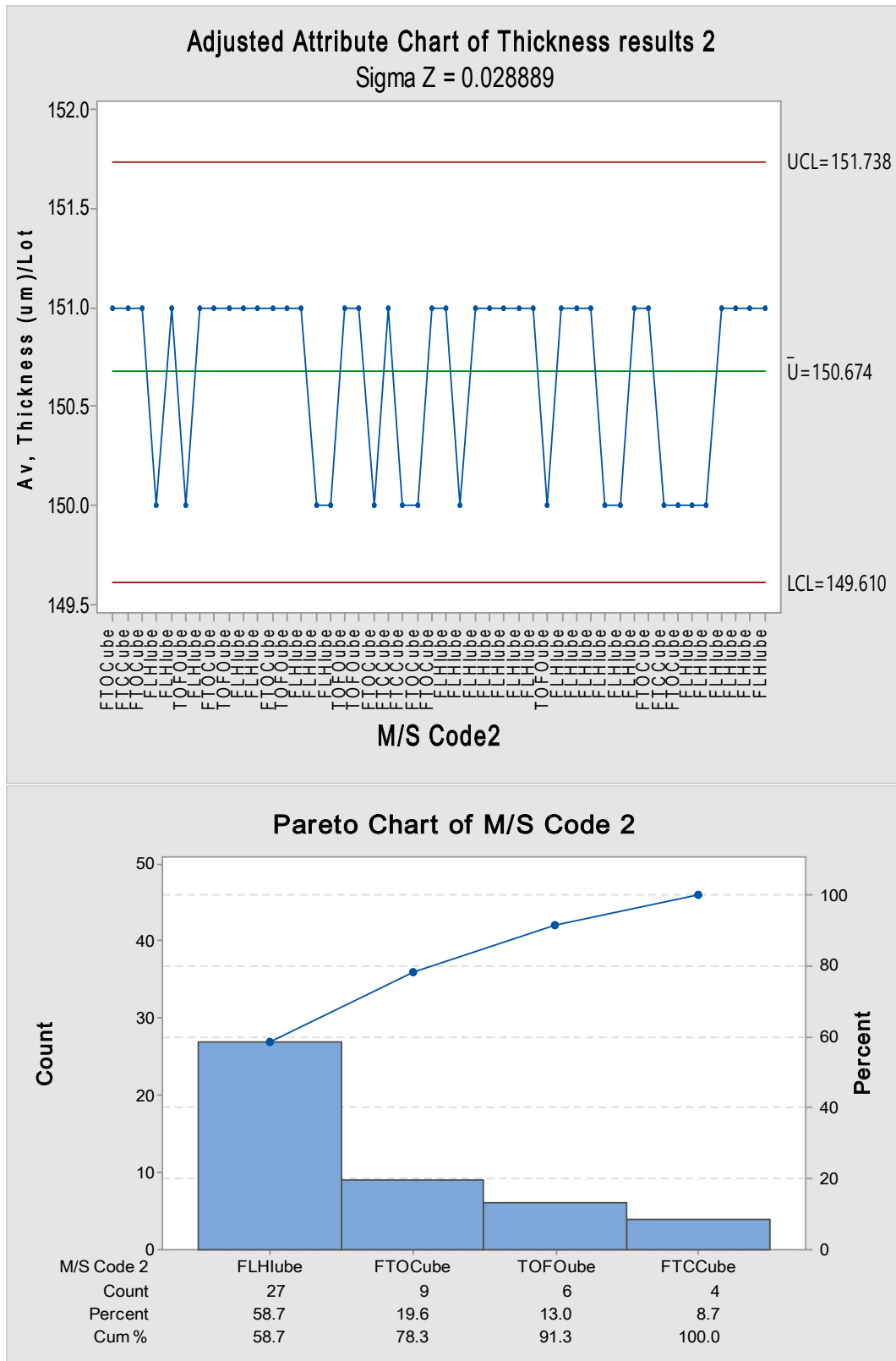


Figure 7. Process-behavior chart and Pareto diagram for distribution II based on GMM stratification

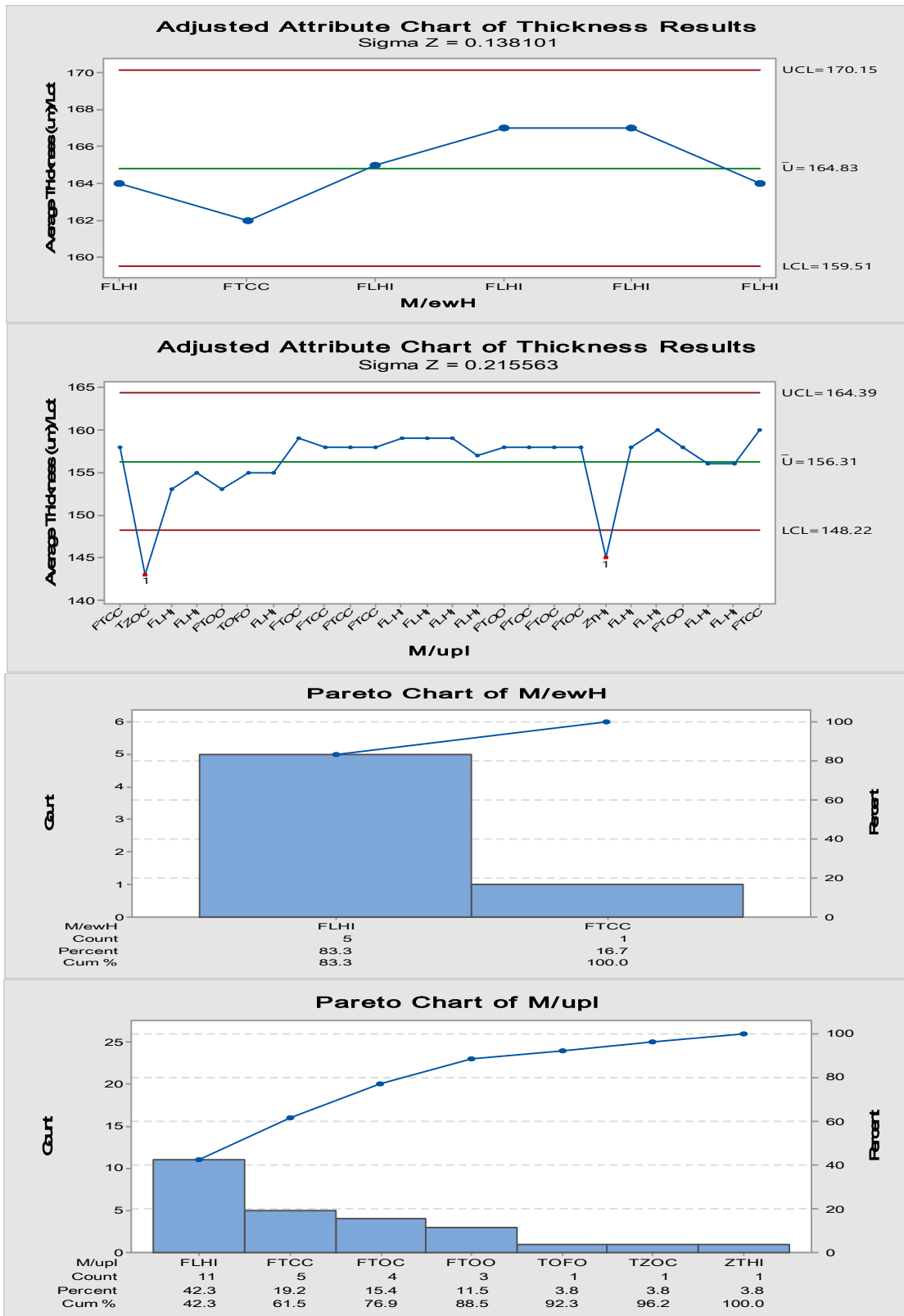


Figure 8. Shewhart charts and Pareto diagrams based on source manufacturers ewH and upl

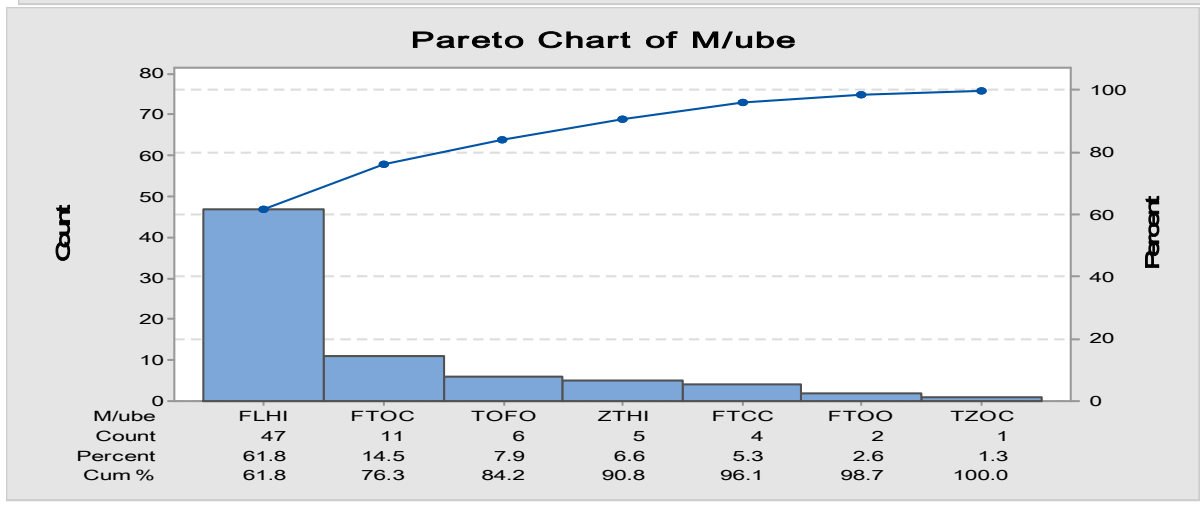
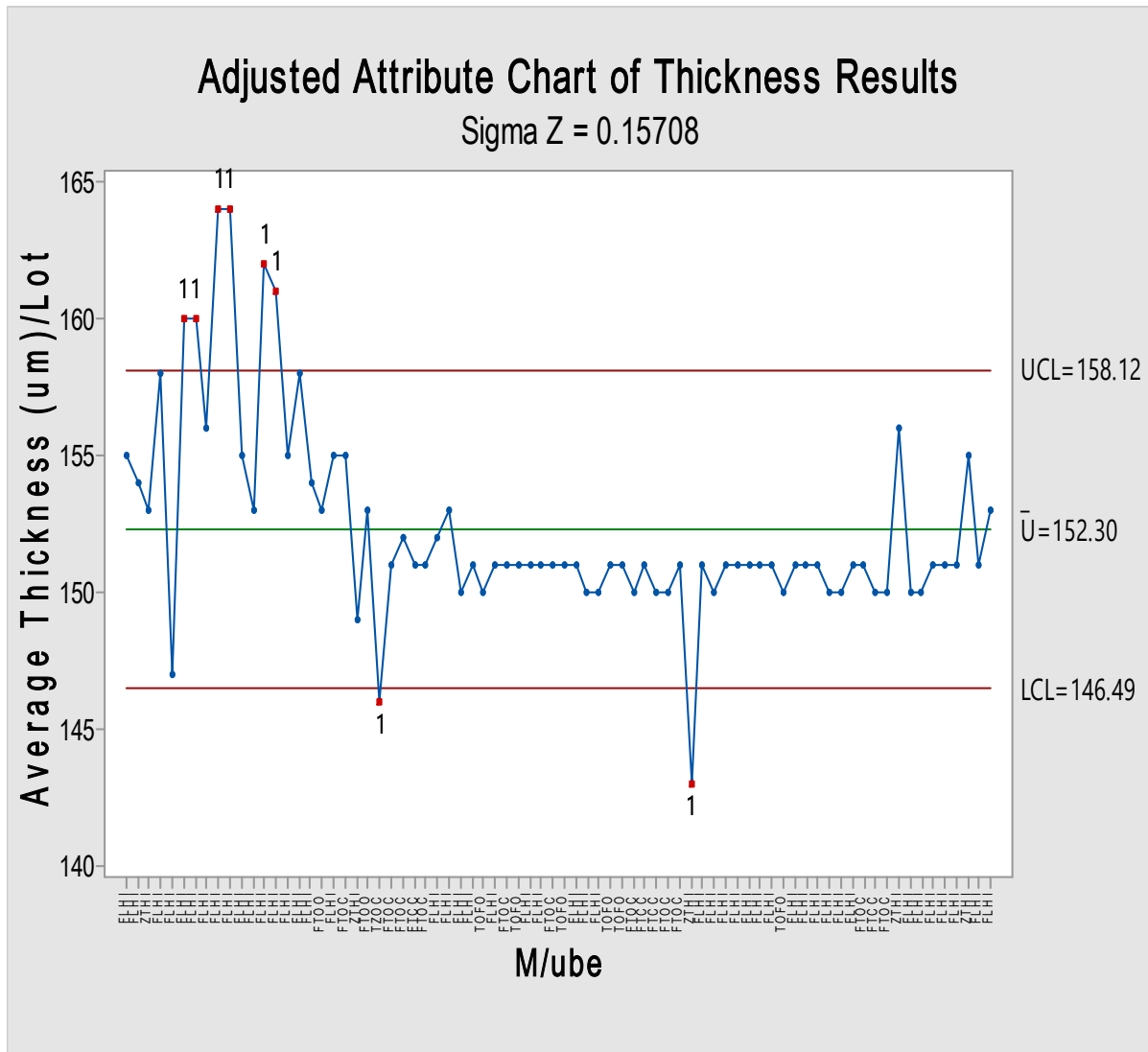


Figure 9. Shewhart charts and Pareto diagram based on source manufacturer ube

4. Discussion and Conclusion

The establishment of high reproducible quality standards is a critical aspect of the modern industrial business (Chesney, 2005; FDA, 2006; WHO, 2007; WHO, 2011). The high level of competition between organizations in the various fields - including the healthcare field - mandates rigorous control over the delivered service or product to satisfy customers' needs (Institute of Medicine, 1990). One of the critical aspects of quality inspection for the primary packaging components is the thickness of the containers that hold the contents of the product (Bora et al., 2014). The presented study simulates an investigational analysis towards supervision control over goods quality delivered to a warehouse from different vendors where they would be incorporated in further processes after the quality inspection phase.

4.1. The Principle theory Of Two-Dimensional GMM/Manufacturer-Based Segregation With Extension To Control Chart/Pareto Diagram For Data Analysis And Quality Improvement

When specific inspection properties are being expected for the incoming goods, it should normally meet certain acceptance criteria to enter the production phase and be subjected to further processing stages till the creation of the final product (Teasdale et al., 2017). These specification limits are mandatory values that should not be exceeded; otherwise, the shipment will not be accepted (Judson, 1976). However, as a part of quality improvement and risk mitigation of unwanted excursions, the provisional monitoring system would be desired, where early warning of drifting from the desired quality values could be spotted, identified and traced back to the possible root cause(s) (Eissa, 2018). When a relatively long-term database is collected over a specific period (such as a one-year record), it is essential to review the trending behavior of the recorded data and extract any suspicious unusual pattern. This was achieved using both the Shewhart chart and supported by a histogram and detailed in section (4.1.1). An approach that has been used previously in other work for improvement of quality and control of GMP behavior (Eissa and Abid, 2018). The Pareto analysis was used as a prioritization tool that helps the management in decision-making and resource allocation. Thus, it was used in each step and subgroup of the segregated datasets to bright up the main contributing factor(s) in the product trend output as described in subheading (4.1.2). GMM was approached as a mean of investigation for the data tendency for clustering to isolate non-homogenous processes (4.1.3) On the other hand, the conventional approach for the record investigation through data stratification based on the manufacturer (4.1.4). The last one would elucidate not only the supplier product fingerprint but also its quality and stability.

4.1.1. Overview of the trend of the quality criterion

Initial assessment of the overall pattern of data from the inspected parameter should be in control within CLs showing only common-cause variations (Henderson, 2011). This would be evident from the overall control chart. While histogram showed more than one hump shape interfering bar spreading, the process-behavior chart demonstrated two distinct patterns of the time-series arranged data. Similar SPC-derived outcome has been noted in other studies (Eissa, 2019c). However, if abnormal patterns or alarming points were found, assignable-sources of deviations should be investigated (Montgomery, 2013; Hou, 2016). The preliminary process-behavior chart showed an initial unstable section followed by an almost stable part of the chart. A brief look at the constructed histogram showed an unusual distribution that might be a mixture of at least two types of pattern data.

4.1.2. Role of Pareto analysis

Pareto diagrams are useful to spot the major contributors in any analysis in the present work. The focus on one or a few sources of variations such as products and/or manufacturers would help in resources management and prioritization (Harel et al., 2016). This will be helpful in focus auditing and follow-up of the suppliers to ensure harmonization and consistency of the product expected quality. For instance, containers of FLHI product were the most demanded item for the market need among the seven products with more than 60% share. One vendor "ube" has been identified as the main source of the packaging materials. Further research is mandatory to be executed on TZOC and ZTHI product types specifically because despite their very low probability of demand and arrival to the warehouse, they always showed persistent tendency to give lower-than-expected results. This investigation should include a thorough auditing plan, visit and follow up to correct and harmonize the quality inspection characteristics for the suppliers PM products.

4.1.3. Dimensions of data segregation and clustering

While Pareto graphs could provide a guide for data segregation based on the vendor of the packaging products, the GMM tool was found to be useful to separate dataset values based on their nature and tendency (Melchior and Goulding,

2018). Thus, stratification of the record could lead to a resolution into two interfering distributions. Further branching of data clustered values using Pareto/control chart combination analysis was useful in spotting product/manufacture patterns. This pattern on the turn will be very useful in the evaluation of the suppliers and to set Corrective Actions and Preventive Actions (CAPA) that ensure the dispatch and distribution of materials with the agreed acceptable specifications. For example, GMM demonstrated that the initial distribution (I) was rather chaotic with aberrant values on the lower side due to two types of packaging products (ZTHI and TZOC). While the ube manufacturer was the only supplier that could show desirable product quality with a narrow margin of variation, it was also found as contributing vendor in the other flattened spreading-type of data with the other two suppliers suggesting instability of the inspection characteristic for the predominant vendor, if it was compared with upl and ewH.

4.1.4. Preferential assessment of the suppliers

The previous analysis steps would pool into identifying the degree of compliance of each manufacturer to the in-house requirements of the healthcare firm (Schlegelmilch, 1998). The least frequent supplier viz ewH- with just six batches of PM - showed inspection characteristics with values that were strongly shifted to the upper specification limit and UCL exceeded this threshold. Despite no outliers were detected, this vendor should be investigated to improve the material quality with the regard of the home value. The dominant supplier showed initial shifting and strong fluctuations above the mean value which ceased in impedance towards a more stable thickness later, indicating an improvement in the supplier product manufacturing quality. However, this manufacturer demonstrated the highest rate of the excursions as overall efficiency. Further long-term monitoring is required to ensure reproducible stability for the supplier ube. Meanwhile, the manufacturer upl was positioned between both former vendors, with a relatively stable trend except for TZOC and ZTHI, which were common as exceptionally low thickness PMs. This supplier should be monitored with caution and audited to set an improvement plan for the product thickness around the base value. Finally, ube supplier showed dual pattern of initial instability followed by more stable trend, in contrast to the other two manufacturers. Nevertheless, ube demonstrated progressive improvement toward the target value. While the other less common vendors were more distant from the target value with a greater risk of an excursion beyond the limit, notably, the least common supplier ewH.

4.2. Final Conclusion

A consistent quality of the inspected quality characteristic is crucial in a competitive world that seeks excellence in the delivered product properties in the hand of the customers. The present case study was useful in the preferential selection and monitoring of the goods quality from different suppliers, which could provide a guide for improvements of the product inspection characteristics' and correction of any alarming deviations as early as possible before out-of-specifications cases would emerge and waste the normal business flow. In addition, this analysis is useful in the management of the suppliers' auditing activity where the firm could focus on conducting constructive audits with defective products and manufacturers to improve the qualities of their products. Two-dimensional stratification of the database was useful in identifying data clustering and pattern from which an investigation of the sources of the variability could be accomplished. Quantitative comparison and preferential selection between various manufacturers could be achieved, in addition to the determination of the relative stability and the quality of the imported inventory materials. The application of SPC tools that are normally used in industry were used herein to control material stock in warehouse & inventory management. Different techniques have been implemented. This study paves the way for adoption of unique quantitative metric for inventory weight value of the goods & will help in decision-making & forecasting concerning material stock mobility.

Legal/special permission

None was required as the current work system was established by the authors in a newly installed experimental facility.

Research and Publication Ethics

This research does not include any human or animal subject and comply with the ethics.

Contribution of Researchers

The present work was established by the authors only without any other contributors.

Acknowledgment

None to declare. The authors have supported the whole work including data collection.

Conflict of interest

The authors declare that there is not any conflict of interest.

References

- Bartholdi, J. J. & Hackman, S. T. (2014). *Warehouse & Distribution Science: Release 0.97*. Atlanta , USA, Supply Chain and Logistics Institute. Retrieved from: <https://www2.isye.gatech.edu/~jjb/wh/book/editions/wh-sci-0.96.pdf>
- Bienert, G. (2018). *Development and evaluation of product delivery strategies for demand-driven production-distribution systems* [Doctor of Philosophy, UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES]. unsworks.unsw.edu.au. Retrieved from <http://unsworks.unsw.edu.au/fapi/datastream/unsworks:54287/SOURCE02?view=true>
- Bora, A., Deshmukh, S., & Swain, K. (2014). Recent advances in semisolid dosage form. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(9), 3596. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.5(9).3594-08
- Carey, R., Bhattacharyya, S., Kehl, S., Matukas, L., Pentella, M., Salfinger, M., & Schuetz, A. (2018). Implementing a Quality Management System in the Medical Microbiology Laboratory. *Clinical Microbiology Reviews*, 31(3). doi: <https://doi.org/10.1128/cmr.00062-17>. doi: 10.1128/CMR.00062-17
- Cato, W., & Mobley, R. (2002). *Computer-managed maintenance systems in process plants*. Gulf Pub. Co.: Houston, TX, USA.
- Celeux, G., & Govaert, G. (1992). A classification EM algorithm for clustering and two stochastic versions. *Computational statistics & Data analysis*, 14(3), 315-332. Retrieved from: [https://doi.org/10.1016/0167-9473\(92\)90042-E](https://doi.org/10.1016/0167-9473(92)90042-E)
- Center for Biologics Evaluation and Research. (2003). *Guidance for industry*. U.S. Dept. of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research, Rockville, Maryland. Retrieved from: http://blog-es.hygiene.com/1-por/docs/tech_lib/FDA_cGMP_Pharma.pdf
- Chambers, J. M., Cleveland, W. S., Kleiner, B., & Tukey, P. A. Graphical methods for data analysis. 1983. *Wadsworth & Brooks/Cole*: Duxbury, Boston, USA.
- Chesney, D. L. (2005). Management controls for GMP compliance. *Pharmaceutical Technology*, 4, 2005. Retrieved from: http://files.dvm360.com/alfresco_images/pharma/2014/08/22/b96657d2-d401-4d2e-a6ce-e3208b9d8ad7/article-155376.pdf
- Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., & Tronci, M. (2015). A real-time SPC inventory replenishment system to improve supply chain performances. *Expert Systems with Applications*, 42(3), 1665-1683. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.09.028>
- Deelman, E., Singh, G., Su, M., Blythe, J., Gil, Y., & Kesselman, C. et al. (2005). Pegasus: A Framework for Mapping Complex Scientific Workflows onto Distributed Systems. *Scientific Programming*, 13(3), 219-237. doi: <https://doi.org/10.1155/2005/128026>.
- Eissa, M. (2019c). Application of Control Charts in Monitoring of Surgical Site Infection Trending Records Using Statistical Software. *Asian Journal Of Applied Sciences*, 12(2), 76-84. Retrieved from: <https://doi.org/10.3923/ajaps.2019.76.84>

Eissa, M. E. (2018). Role of Statistical Process Control of Pharmaceutical Product to Monitor Consistency of the Manufacturing Operation. *EC Pharmacology and Toxicology*, 6, 439-444. Retrieved from: <https://www.econicon.com/ecpt/pdf/ECPT-06-00182.pdf>

Eissa, M. E. (2019a). Monitoring of *Cryptosporidium* spp. Outbreaks Using Statistical Process Control Tools and Quantitative Risk Analysis Based on NORS Long-term Trending 9,1-7. doi: [10.3923/mj.2019.1.7](https://doi.org/10.3923/mj.2019.1.7)

Eissa, M. E. (2019b). Statistical Analysis Review and Lessons Learned from Recent Outbreak Trends of Highest Population Density States in USA: Massachusetts, New Jersey and Rhode Island. *Journal Of Food Chemistry & Nanotechnology*, 05(01). Retrived from: <https://doi.org/10.17756/jfcn.2019-066>

Eissa, M., & Abid, A. (2018). Application of statistical process control for spotting compliance to good pharmaceutical practice. *Brazilian Journal Of Pharmaceutical Sciences*, 54(2). Retrieved from: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902018000217499>

Food and Drug Administration (FDA). (2006). Guidance for industry: Quality systems approach to pharmaceutical cGMP regulations. *Pharmaceutical CGMPs*. Retrieved from: <https://www.fda.gov/media/71023/download>

Harel, Z., Silver, S., McQuillan, R., Weizman, A., Thomas, A., & Chertow, G. et al. (2016). How to Diagnose Solutions to a Quality of Care Problem. *Clinical Journal Of The American Society Of Nephrology*, 11(5), 901-907. <https://doi.org/10.2215/cjn.11481015>

Henderson, G. R. (2011). *Six Sigma quality improvement with MINITAB*. John Wiley & Sons: West Sussex. Retrieved from: https://books.google.com.eg/books?hl=en&lr=&id=EM5_VS7wEdUC&oi=fnd&pg=PP8&dq=Six+Sigma+quality+improvement+with+MINITAB+2011&ots=PtzzYZqbrO&sig=X-eiVE9Wvwx9di7JScDUV85SpXA&redir_esc=y#v=onepage&q=Six%20Sigma%20quality%20improvement%20with%20MINITAB%202011&f=false

Hou, S. W., Feng, S., & Wang, H. (2016). Intelligent process abnormal patterns recognition and diagnosis based on fuzzy logic. *Computational intelligence and neuroscience*, 2016. Retrieved from: <https://doi.org/10.1155/2016/8289508>

Huschka, K. (2009). *Using statistical process control to monitor inventory accuracy* (Doctoral dissertation, Kansas State University). Manhattan, Kan. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/2097/1407>

Institute of Medicine (US) Committee to Design a Strategy for Quality Review and Assurance in Medicare, & Lohr, K. N. (Eds.). (1990). *Medicare: A Strategy for Quality Assurance*. National Academies Press (US). doi: <http://doi.10.17226/1547>

Iyer, H., & Prasad, S. (2007). *Statistical process control approach to reduce the bullwhip effect* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology). MIT Libraries. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/1721.1/40105>

Jacoby, W. (1997). *Statistical graphics for univariate and bivariate data*. Sage Publications. Retrieved from ; https://books.google.com.eg/books?hl=en&lr=&id=-m7yE3E9iPkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Statistical+Graphics+for+Univariate+and+Bivariate+Data&ots=71HBGNTU_v&sig=Y2glCSHp2k6rr-C3aSfKh5eZCOs&redir_esc=y#v=onepage&q=Statistical%20Graphics%20for%20Univariate%20and%20Bivariate%20Data&f=false

Jones, G., & Govindaraju, K. (2001). A GRAPHICAL METHOD FOR CHECKING ATTRIBUTE CONTROL CHART ASSUMPTIONS. *Quality Engineering*, 13(1), 19-26. <https://doi.org/10.1080/08982110108918620>

Judson, L. V. H. (1976). *Weights and measures standards of the United States: a brief history* (Vol. 447). Department of Commerce, National Bureau of Standards, USA. Retrieved from:

https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=gCWCvYlgRcC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Weights+and+measure+standards+of+the+United+States:+a+brief+history&ots=bq8T07mxLH&sig=WDIE2ZXe4P5Zu-VUDONi55P8hws&redir_esc=y#v=onepage&q=Weights%20and%20measures%20standards%20of%20the%20United%20States%3A%20a%20brief%20history&f=false

Juran, J. M. (1960). Pareto, Lorenz, Cournot, Bernouli, Juran and others. *Industrial Quality-Control* 17(4),: 25. Retrieved from: [https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=v_fprq_XtFAC&oi=fnd&pg=PA47&dq=Juran,+J.+M.+\(1960\).+Pareto,+Lorenz,+Cournot.+Bernoulli,+Juran+and+others,+op.+cit,+25.&ots=uC_pB-UJnc&sig=tPoGeCYpp-dwFKItfVVti35mPnE&redir_esc=y#v=onepage&q=Juran%2C%20J.%20M.%20\(1960\).%20Pareto%2C%20Lorenz%2C%20Cournot.%20Bernoulli%2C%20Juran%20and%20others%2C%20op.%20cit%2C%2025.&f=false](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=v_fprq_XtFAC&oi=fnd&pg=PA47&dq=Juran,+J.+M.+(1960).+Pareto,+Lorenz,+Cournot.+Bernoulli,+Juran+and+others,+op.+cit,+25.&ots=uC_pB-UJnc&sig=tPoGeCYpp-dwFKItfVVti35mPnE&redir_esc=y#v=onepage&q=Juran%2C%20J.%20M.%20(1960).%20Pareto%2C%20Lorenz%2C%20Cournot.%20Bernoulli%2C%20Juran%20and%20others%2C%20op.%20cit%2C%2025.&f=false)

Kumar, D. (2006). *Six sigma best practices: a guide to business process excellence for diverse industries*. J. Ross Publishing: USA. Retrieved from: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=IB0rfMTOkqYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Six+sigma+best+practices:+a+guide+to+business+process+excellence+for+diverse+industries&ots=gdKICfnZfU&sig=9azHwRLQAqtDfcWhlRasRk5IkU&redir_esc=y#v=onepage&q=Six%20sigma%20best%20practices%3A%20a%20guide%20to%20business%20process%20excellence%20for%20diverse%20industries&f=false

Laney, D. B. (2002). Improved control charts for attributes. *Quality Engineering*, 14(4), 531-537. Retrieved from: <https://doi.org/10.1081/QEN-120003555>

Lightfoot, P., & Kauffman, R. G. (2003). Controlling warehouse performance with statistical process methods. *Journal of Public Procurement*, 3(1), 29. Retrieved from: https://www.researchgate.net/profile/Ralph_Kauffman2/publication/265748593_CONTROLLING_WAREHOUSE_PERFORMANCE_WITH_STATISTICAL_PROCESS_METHODS/links/55d9743d08aeb38e8a87d30f/CONTROLLING-WAREHOUSE-PERFORMANCE-WITH-STATISTICAL-PROCESS-METHODS.pdf

McLachlan, G., & Peel, D. (2006). *Finite mixture models*. John Wiley & Sons: NY, USA. Retrieved from: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=c2_fAox0DQoC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Finite+Mixture+Models+2000&ots=ItWC1V88iC&sig=jesok4wEt6IwQr40nfyOmkVIV1c&redir_esc=y#v=onepage&q=Finite%20Mixture%20Models%202000&f=false

Melchior, P., & Goulding, A. D. (2018). Filling the gaps: Gaussian mixture models from noisy, truncated or incomplete samples. *Astronomy and computing*, 25, 183-194. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ascom.2018.09.013>

Montgomery, D. (2013). *Introduction to statistical quality control*. Wiley Global Education: Arizona State University

Moraru, L., Moldovanu, S., Dimitrievici, L., Dey, N., Ashour, A., & Shi, F. et al. (2019). Gaussian mixture model for texture characterization with application to brain DTI images. *Journal Of Advanced Research*, 16, 15-23. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.01.001>

Muller, M. (2019). *Essentials of inventory management*. HarperCollins Leadership: Australia. Retrieved from: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=R_JWDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Essentials+of+inventory+management&ots=7yVfMc0H3E&sig=QYB7pGA61aw9NgYFF-GgxpA3xvA&redir_esc=y#v=onepage&q=Essentials%20of%20inventory%20management&f=false

National Research Council. (2000). *Surviving supply chain integration: Strategies for small manufacturers*. National Academies Press: Washington, DC. Retrieved from: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=GupuAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR16&dq=Surviving+supply+chain+integration:+strategies+for+small+manufacturers+2000&ots=3wi6TDgUOH&sig=OTh8J3MMZ3HWuvxVXAdEvcMROho&redir_esc=y#v=onepage&q=Surviving%20supply%20chain%20integration%3A%20strategies%20for%20small%20manufacturers%202000&f=false

- Oliveira, P. M., Novais, P., & Reis, L. P. (Eds.). (2019). *Progress in Artificial Intelligence: 19th EPIA Conference on Artificial Intelligence, EPIA 2019, Vila Real, Portugal, September 3–6, 2019, Proceedings*, 2(11805). Springer Nature. Retrieved from: https://books.google.com.eg/books?hl=en&lr=&id=mButDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Progress+in+Artificial+Intelligence+2019+Oliveira&ots=avq0XX4N2m&sig=KPJsiEkL2MD3RTrBpeT7iKoLOBw&redir_esc=y#v=onepage&q=Progress%20in%20Artificial%20Intelligence%202019%20Oliveira&f=false
- Pfohl, H. C., Cullmann, O., & Stolzle, W. (1999). Inventory management with statistical process control: simulation and evaluation. *Journal of Business Logistics*, 20(1), 101-120. Retrieved from: <https://search.proquest.com/openview/54aca944437505ae5a3757380de04aea/1?pq-origsite=gscholar&cbl=36584>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2009). *The six sigma handbook*. McGraw-Hill Professional: NY, USA.
- Rachmania, I. N., Basri, M. H. (2013). *Pharmaceutical inventory management issues in hospital supply chains*. *Management*, 3(1):1-5. doi: <http://DOI: 10.5923/j.mm.20130301.01>
- Reynolds, D. A., & Rose, R. C. (1995). Robust text-independent speaker identification using Gaussian mixture speaker models. *IEEE transactions on speech and audio processing*, 3(1), 72-83. doi: <http://doi.10.1109/89.365379>
- Ryan, T. (2013). *Statistical methods for quality improvement*. Wiley: Hoboken, NJ, USA.
- Ryan, Th. P. (2000). *Statistical Methods for Quality Improvement*, (2nd ed.). Wiley Series in probability and statistics, John Wiley & Sons: NY, USA.
- Schlegelmilch, B. B. (1998). *Marketing ethics: An international perspective*. Cengage Learning EMEA, Berkshire House: London, UK.
- Sokal, R. R. (1995). *The principles and practice of statistics in biological research. Biometry*, (3rd ed, pp. 451-554). Freeman, New York, USA.
- Teasdale, A., Elder, D., & Nims, R. W. (2017). *ICH Quality Guidelines*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Thompson, J. (2011). *Empirical model building*. John Wiley & Sons: NJ, USA.
- Tomassone, R., Dervin, C., & Masson, J. P. (1993). *Biométrie. Modélisation de phénomènes biologiques* (pp. 553-p). Elsevier Mason SAS: Paris, France.
- Wilkinson, L. (1999). *The Grammar of Graphics*. Springer Verlag: NY, USA.
- World Health Organization (WHO). (2007). *Quality assurance of pharmaceuticals: A compendium of guidelines and related materials. Good manufacturing practices and inspection* (Vol. 2). World Health Organization.
- World Health Organization (WHO). (2011). *Laboratory quality management system: handbook*. World Health Organization. Retrieved from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44665/9789244548271_rus.pdf



ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY

Journal of Turkish Operations Management

JTOM DIRECTORY / JTOM DİZİN

YEAR / YIL: 2017

VOLUME / CİLT: 1

NO / SAYI: 1

Research Articles / Araştırma Makaleleri

Development of a Decision Support System for Stent Selection 3-26

Yusuf Tansel İÇ, Dilek Çökeliler SERDAROĞLU, Begüm NİRAN, K Ezgi AKYOL

Facility Location Selection Problem: An Application For Student Selection And Placement Centers 27-38

İlknur GÜNEŞLİ, Mete GÜNDOĞAN, Alper ŞEKER

Transform Into Industry 4.0 Using Systems Engineer 39-50

Mete GÜNDOĞAN, Gizem BABAYİĞİT

Bulanik Kalite Fonksiyon Yayılımı (Bkfy) Temelli Tasarım Geliştirme Yaklaşımı 51-66

Gülin Feryal CAN, Kumru Didem ATALAY, Ergün ERASLAN

Risk Değerlendirmesinde Critic Metodu ile Sektörlerin Karşılaştırması 67-78

Yelda AYRIM, Gülin Feryal CAN



ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY

Journal of Turkish Operations Management

YEAR / YIL: 2018

VOLUME / CİLT: 2

NO / SAYI: 1

Research Articles / Araştırma Makaleleri

- Intuitionistic Fuzzy Tlx (If-Tlx): Implementation Of Intuitionistic Fuzzy Set Theory For Evaluating Subjective Workload 79-90
Gülin Feryal CAN
- Evaluation Of Digital Platforms In Turkey In Terms Of Usability 91-98
Ergün ERASLAN, Seda ŞAHİN
- Reallocation Of Inputs And Outputs Based On Revenue, Cost And Profit Efficiency 99-114
Mojtaba GHIYAS
- Choosing The Best Port Alternative For Cruise Ships 115-124
Arman YÜKSEL



ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY

Journal of Turkish Operations Management

YEAR / YIL: 2018

VOLUME / CİLT: 2

NO / SAYI: 2

Research Articles / Araştırma Makaleleri

Restructuring Governments Using a Geometric Ratio Technique And Its Multiple Effects 125-154

Mete GÜNDOĞAN, Remzi YILDIRIM

Risk Assessment With Monte Carlo Simulation Method In A Hospital Construction 155-160

Selin ÇABUK

Which Criteria Determine The Winner For Patient? 161-183

Gülin CAN, Feride Bahar IŞIN

A Research On Problems In Existing Delivery Process In Cargo Transportation And Evaluation
Of New Methods: Malatya District Example 184-197

Mustafa DESTE, Sami SEVER, Mehmet MİMAN



ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY

Journal of Turkish Operations Management

YEAR / YIL: 2019

VOLUME / CİLT: 3

NO / SAYI: 1

Research Articles / Araştırma Makaleleri

Performance Improvement of Information System of a Banking System Based on Integrated Resilience Engineering Design 198-216

Seyyed Hossein IRANMANESH, Ali MOLLAJAN, Leyla ALİABAD

Model Based Engineering, Optimizing The Higher Education Goals of Turkey's 2050 Using (2n+1) Geometric Ratio Model 217-259

Remzi YILDIRIM, Mete GÜNDOĞAN

Two-stage MCDM approach in the selection of manager training techniques 260-268

Gülsüm ALICIOĞLU, Aylın ADEM, Metin DAĞDEVİREN

Assessment and Creation of Livestock Supply Chain Management 269-282

Deniz EFENDİOĞLU, Beytullah Gültekin ÇETİNER



ANKARA YILDIRIM BEYAZIT UNIVERSITY

Journal of Turkish Operations Management

YEAR / YIL: 2019

VOLUME / CİLT: 3

NO / SAYI: 2

Research Articles / Araştırma Makaleleri

AHP – Binary Linear Programming Approach for Multiple Criteria Real Estate Investment Planning 283-289

Billur ECER, Ahmet AKTAS, Mehmet KABAK

A Firefly Algorithm for the Alternative Subgraphs Assembly Line Balancing Problem 290-297

Ummahan PALAMUT, Şener AKPINAR

Türkiye ve AB'nin Enerji Hedefleri 298-313

Çetin Önder İNCEKARA

A Study of Sustainable Facilities Management From a Green Supply Chain Perspective In The United Arab Emirates 314-323

Steven FORMANECK